

وزارة المعارف العمومية

علم استخراج الأرض للمعادن

وضع

حسن حسنى عبد الخالق

يوسف العارف

خريج جامعة برستول
ومفتش بالتعليم الصناعى

أستاذ علوم فى الهندسة الميكانيكية (M. Sc.)
ومدير القسم الصناعى بمصلحة السجون

عثمان عبد الله

دبلوم مدرسة الفنون والصناعات
ومدرس بالمدارس الصناعية

حق هذه الطبعة محفوظ للوزارة

القاهرة

طبع بالطبعة الأميرية بمبلاق

١٩٣٥

الدكتور شخاشيرى
DR. SHAKHASHIRI

وزارة المعارف العمومية

عِلْمُ اسْتِخْلَافِ الْأَرْضِ لِلْعَجَازِ

وضع

حسن حسنى عبد الخالق

يوسف العارف

خريج جامعة برستول
ومفتش بالتعليم الصناعى

أستاذ علوم فى الهندسة الميكانيكية (M. Sc.)
ومدير القسم الصناعى بمصلحة السجون

عثمان عبد الله

دبلوم مدرسة الفنون والصناعات
ومدرس بالمدارس الصناعية

حق هذه الطبعة محفوظ للوزارة

القاهرة

طبع بالطبعة الأميرية ببولاق

١٩٣٥

مقدمة الطبعة الأولى

تطورت الصناعات المعدنية في مصر تطورا يذكر بعد الحرب العظمى وتقدمت بخطوات سريعة ، نخلق هذا التقدم جيلا صالحا من رجال الصناعة يرجى نفعه ويؤمل سعيه . بيد أنه ما من صناعة يضمن بقاؤها واستمرارها اذا لم تجد من العلم سنداً يدعمها وضابطاً ينظمها وشارحا يفسر غامضها ويتناول مادتها بالبحث والتحليل فيبين تركيبها وطرائق استخلاصها ومعالجتها ووسائل تمييز أنواعها بعضها من بعض حتى يكون الصانع على بينة من أمره وعلى علم تام بالمادة التي تشكلها يداه . لذلك كانت نهضتنا في الصناعات المعدنية أشد ما تكون حاجة الى مؤلف علمي من هذا القليل يكون عوناً للصانع في صناعته وللطالب في دراسته ومرجعاً للمهندس في حياته العملية . وهذا هو ما حدا بنا الى إخراج كتابنا هذا في علم استخلاص المعادن .

وإذ نتقدم بهذا الكتاب نرجو أن يكون أول حجر ركين في بناء كتابنا الصناعي في ضوء العلم الحديث . وأن يتقدم الخاصة بمعارفهم وناصح آرائهم وبما يملكون لتدعيم البناء واستكمال وجوه النقص فيه . كما نرجو أن يسد هذا الكتاب فراغا في عالم المؤلفات الفنية وأن يكون — بما توخيناه من البساطة في إخراج — دليلا مسعفا ومرشدا سهلا تنتفع به كل طائفة تقرأه وتركن اليه .

ولا ننقص من قيمة مجهودات البعض ولا ننحط من أقدارهم اذا رأينا فيما سبق وضعه من المصنفات القديمة والأبحاث في هذا الموضوع خليطا

(د)

من المعلومات الناقصة ونتاجا وفيرا من تدبيج العبارات وتنسيق الألفاظ فلا يخرج القارئ أو المطلع بشيء يزيد في محصوله الفنى أو يكسبه ثروة من العلم والمعرفة . كما لا ينبغي أن نبالغ في التنويه بالمجهود المضنى الذى بذلناه في تخير الألفاظ العربية المناسبة للدلالة على الاصطلاحات الفنية العديدة والأساليب الصناعية المتنوعة ومراعاة قرب هذه الألفاظ من الفصحى ومواتاتها للأسماء الدارجة في الورش والمصانع المصرية . وهذه محاولة نرجو أن يكون حظها التوفيق وأن يكون نصيبنا منها بعض التشجيع .

ومع كوننا أعطينا كل معدن قسطا مناسباً من الشرح ، إلا أننا قد خصصنا الجزء الأكبر من الكتاب للحديد ومستخرجاته لما له من الأهمية في عالم الصناعة في العصر الحاضر الذى أطلق عليه بحق عصر الحديد . وليست أهمية الحديد مقصورة على الوقت الحاضر فحسب ، فالأقدمون أنفسهم اعتبروه أنفس المعادن في خدمة الصناعة وتغالوا في تقدير فوائده فزعموا أنه هبة الإله للإنسان .

على أن ظهور كتابنا لا يتخذ دليلا على أن مصر بلد تجهل صناعة المعادن بل على العكس هي من أعرق الأمم في الصناعة وأرسخها قدما فيها . وقد برهن المصريون في عصورهم المختلفة أنهم ذووا ملكات صناعية متجة وسجل التاريخ لهم علو كعبهم كأمة صناعية حذقت كثيرا من الصناعات لا سيما المعدنية ، وقد أمدتهم هذه الأرض المقدسة بأغلب ما احتاجوا اليه فسموا بمدنيتهم إلى تلك العظمة التى لا تزال موضع إعجاب العالم بأسره كما لا تزال آثارها جديدة على تعاقب الدهور وكر الأحقاب .

فقدماء المصريين استخرجوا الذهب من مناجمه في بلاد النوبة واستخدموه في صنع الأواني والحلى وعرفوا الألوان الثابتة الزاهية التى ما تزال تضىء

حجرات هياكلهم ومعابدهم ، وأغلب هذه الألوان أكاسيد معدنية . كذلك وجد في حفريات الأهرام ما يرجح استخدامهم لمعدن الحديد منذ خمسين قرناً خلت تقريباً . وبالجملـة — وليس هنا مجال الحصر — فإن المصريين القدماء قد عرفوا كثيراً من المعادن ومركباتها واستخدموها في مطالبهم المختلفة سواء أكانت هذه المعادن من نتاج مصر أم مستوردة من الخارج .

وقد احتفظ المصريون بتفوقهم الصناعى فى عهد اليونان والرومان والعرب والأتراك والمماليك وغيرهم ممن تداولوا حكم مصر كما تنطق بذلك آثارهم من من جوامع وكنائس وقصور .

غير أن المصريين قد قصروا فى القرن الماضى وأوائل القرن الحالى عن متابعة روح العصر الحاضر عصر الصناعة والتجارة فأصبحوا عالة على غيرهم فى أغلب مطالب الحياة . ولو أن المصريين استفادوا مما تهيأ لهم فى القرن الماضى من أسباب النهوض الصناعى لكانوا الآن حاملي لواء الصناعة فى الشرقين الأقصى والأدنى ، فلقد قبض الله لهم ذلك العبقري العظيم محمد على رأس العائلة المالكة وموجد مصر الفتاة فأنشأ لهم من المعامل والمصانع ما كان يصلح نواة لعظمة صناعية حديثة .

لكن شاء القدر ألا تحقق آمالنا فيها . وما قضى عليها غير ذلك الجمود الصناعى الذى استولى علينا بعد نهضة محمد على . فإن الصناع الذين حذقوا صناعاتهم فى عهده — وهم نفر قليل — لم يجدوا بعد إقبال تلك المصانع جوا طليقاً ولا عوناً لتشجيعهم وإمدادهم بما يلزم لمناولة صناعاتهم . هذا عدا ما تخلل حكم المماليك والفرنسيين من الحروب والثورات قبل ذلك العهد مما كانت سبباً فى خلق فراغ صناعى فى بدء العهد الجديد مكن للصناع الأوربيين وغيرهم فى الاستحواذ على أسواقنا الصناعية وإبعاد المصرى عنها وتركه جاهلاً بلباب فنونهم وصناعاتهم .

على أن بعض ما يلتمسه المدافعون من المعاذير لم يحل بهذه المصانع عدم توافر المادة الخام والمعادن الغفلة والقوى المحركة في ذلك الوقت ، وهذا خطأ ظاهر ووهم باطل ، إذ ليس من المحتم أن تتوافر المواد الخام ولا المعادن الغفلة في أى قطر ليكون صناعيا . فهذه اليابان تملأ أسواق العالم بمنتجاتها المتنوعة ، لا سيما القطنية منها ، وما كانت في أى وقت من الأوقات قطرا زراعيا . وليست ايطاليا بلدا تتوافر فيه المعادن وهى مع ذلك في مقدمة البلاد الصناعية . وانجلترا التى تكتسح الشرق بمستخرجاتها الحديدية تستورد نحو ثلث الحديد الغفل من ممالك أخرى .

أما القوى المحركة فموجودة في كل زمان ومكان . موجودة في الهواء وفي حرارة الشمس وفي باطن الأرض وظاهرها وفي مساقط المياه وغير ذلك ولا يقتضى الأمر إلا عقولا مفكرة وعزائم ماضية تنقب عنها وتستفيد منها فالاعتذار بعدم توافرها في مصر اعتذار مردود .

والآن ، وقد نشط المصريون من نحولهم وفطنوا إلى ما فى بلادهم من القوى المحركة الكامنة فأخذوا في دراسة مساقط المياه والبحث عن ينابيع جديدة للبترو ل فوق ما هو موجود — الآن وقد اكتشفوا بين ظهرانهم مناجم للحديد والماسنجيز والفوسفات وغيرها من جواهر الأرض فانتا نستبشر بأن يكون ذلك فاتحة عصر زاهر تعاض به مصر ما فاتها .

فالى مصر الحديثة ، مصر الناهضة ، نتقدم بكتابنا هذا يحدونا الرجاء إلى مستقبل زاهر . وأخيرا نرجو أن يتسامح الخاصة فيما يحدونه في كتابنا من غلو أو تقصير .

والله المستعان

المؤلفون

(ز)

مقدمة الطبعة الثانية

إن فضيلة الاعتراف بالجميل تقتضينا أن نتقدم للقراء بكلمة شكر على حسن تشجيعهم وشديد إقبالهم على الطبعة الأولى من هذا الكتاب .

واستكمالاً لمأدته قد أدخلنا تعديلات على الطبعة الثانية تمشياً مع حالة التعليم في مصر ، ولو أن بعض هذه الفصول يخرج عن علم استخلاص المعادن ، لكن مما لا شك فيه أن هذا سيكون لخير القراء ، وذلك حسبنا وكفى ما

المؤلفون

الفهرست

صفحة	
(ج)	المقدمة
(ز)	مقدمة الطبعة الثانية
١	الفصل الأول — تمهيد وتعريف . خصائص المعادن
٢٣	» الثاني — بعض الاصطلاحات والعمليات الهامة المستخدمة في علم استخلاص المعادن ، الأفران ، البيرومترات ، المواد الصلبة
٤٣	» الثالث — الوقود
٥٩	» الرابع — الحديد الغفل . تجهيزه . صهره
٧٠	» الخامس — الفرن العالي وملحقاته
٩١	» السادس — الزهر الخام
٩٩	» السابع — الحديد الخام
١٢٦	» الثامن — الصلب
١٧٧	» التاسع — العمليات النهائية للصلب
١٨٦	» العاشر — موارد الحديد الخام
١٩٤	» الحادى عشر — العمليات الحرارية للصلب
٢١٧	» الثانى عشر — الأنواع المستحدثة من الصلب
٢٣٠	» الثالث عشر — النحاس
٢٥٧	» الرابع عشر — الخارصين (الزنك)
٢٦٨	» الخامس عشر — القصدير

(ى)

صفحة

٢٧٧	— الرصاص	الفصل السادس عشر
٢٩١	— الفضة	» السابع عشر
٣١٤	— الذهب	» الثامن عشر
٣٢٤	— النيكل	» التاسع عشر
٣٢٩	— الألومنيوم	» العشرون
٣٣٧	الكروم، المانجنيز، الاتيمون، المغنيزيوم، البلاتين	» الحادى والعشرون
٣٤٩	— السبائك	» الثانى والعشرون
٣٥٣	— اللحام	» الثالث والعشرون
٣٧٣	— العدد القاطعة	» الرابع والعشرون
٣٧٩	— طرائق التشغيل	» الخامس والعشرون

الفصل الأول

تمهيد وتعريف — خصائص المعادن

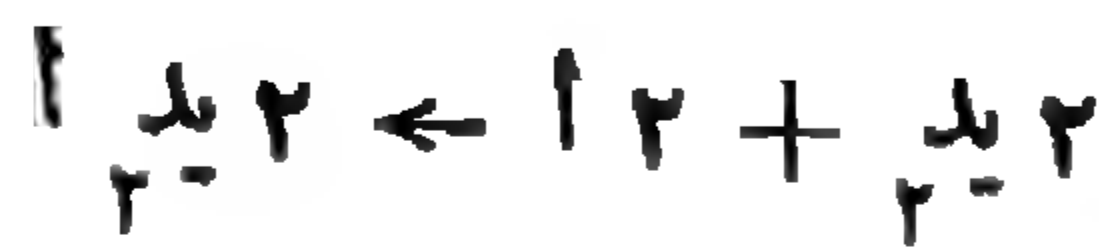
يتصل علم استخلاص المعادن بعلمى الطبيعة والكيمياء اتصالاً وثيقاً ، إذ أن أكثر المعادن عند استخراجها من مناجمها تكون على هيئة مركبات كيميائية مصحوبة بأخلاط أرضية . واستخلاص هذه المعادن من أخلاطها ومركباتها يستدعى إجراء بضع عمليات عليها من حرارية وكيميائية وغير ذلك مما تقتضى دراسته معرفة ما اصطلح عليه فى علم الكيمياء من تمثيل المركبات برموز والتفاعلات بمعادلات ، وكذلك معرفة بعض المبادئ الأولية لعلم الطبيعة ، كالحالات المختلفة التى توجد عليها المادة وتأثير الحرارة عليها وما الى ذلك .

فالرموز هى حروف يمثل كل حرف أو حرفين منها عنصراً من العناصر ، وقد راعى الكيميائيون المصريون اختيار الحرف الأول من اسم العنصر رمزاً له ، وعند اشتراك جملة عناصر فى الحرف الأول يرمز للعنصر بالحرفين الأولين منه أو بأى حرفين بارزين فى اسمه .

ويمثل المركب مجموعة من رموز العناصر المحتوى عليها ، وما يكتب من الأرقام أسفل أى رمز من رموز هذه المجموعة ومن الجهة اليسرى له يدل على عدد ذرات العنصر فى المركب . وما يكتب على يمين أى رمز أو أى مركب يدل على عدد جزيئات ذلك العنصر أو المركب فتتلايد $\frac{1}{2}$ تدل على

جزيء واحد من الماء به ذرتان من الأيدروجين وذرة من الأوكسجين
٦ ٢ يد ١ يدل على جزيئين من الماء .

وتمثل التفاعلات الكيميائية بمعادلة حدودها من الرموز ، فمثلا عند اتحاد
جزيئين من الأوكسجين بجزيئين من الأيدروجين يتكون جزيئان من الماء
وتكتب المعادلة بالطريقة الآتية :



أى جزيئان ايدروجين + جزيئان أوكسجين ← جزيئان من بخار ماء .

وبين الجدول الآتى بعض العناصر المهمة ورموزها :

الرمز	العنصر	الرمز	العنصر	الرمز	العنصر
بز	البرموت	ذ	الذهب	ح	الحديد
ر	الزرنبيخ	بلا	البلاتين	نح	النحاس
كو	الكوبالت	ما	المغنيزيوم	خ	الزنك (الخارصين)
ص	الصوديوم	ا	الأوكسجين	ق	القصدير
بو	البوتاسيوم	يد	الأيدروجين	ر	الرصاص
كد	الكاديوم	ز	النيتروجين (الأزوت)	ن	الانتيمون
بر	البروم	كب	الكبريت	م	المانجنيز
كل	الكلور	فو	الفوسفور	لو	الألومنيوم
ى	اليود	ك	الكربون	كر	الكروم
با	الباريوم	س	السليكون	ك	النيكل
		تا	التانجستن	ف	الفضة
		ع	الزئبق	كا	الكالسيوم

والمادة توجد في الطبيعة على حالة من ثلاث :

(١) صلبة .

(٢) سائلة .

(٣) غازية .

فاذا سلطت الحرارة على الأجسام الصلبة فانها تحيلها الى سوائل ، وإن سلطت على السوائل فانها تحيلها الى غازات . وبعض المواد يستحيل من حالة الى أخرى بأى تأثير حرارى بسيط عليه ، بينما البعض الآخر لا يستحيل إلا عند التأثير الحرارى الشديد ، فالثلج مثلاً وهو ماء متجمد إن عرض لحرارة الجو العادية يستحيل الى ماء ، ثم اذا سخن لدرجة الغليان — مائة ستجريد (مئوية) — فانه يستحيل الى بخار (غاز) ، أما المعادن فان أغلبها يفتقر الى درجات حرارة عالية ليستحيل من صلب إلى سائل وإلى درجات حرارة أعلى ليستحيل من سائل الى غاز . وزيادة عن ذلك فللحرارة تأثير آخر على الأجسام المركبة ، اذ أنها تحللها في كثير من الأحيان الى عناصرها المركبة منها .

المعدن — هو لغة منبت الجواهر من ذهب وفضة وحديد الخ ، كذلك هو مكان كل شىء فيه أصله ومنبته ، وبعبارة أوضح هو المنجم الذى تستخرج منه جواهر الأرض . لكن جرى العرف فى عالمى الصناعة والتجارة ولدى سواد الجمهور فى الأقطار العربية على إطلاق لفظ المعدن للدلالة على العناصر الكيميائية التى تعرف فى اللغة الإنجليزية باسم (Metal) . ومع أن الكيميائيين المصريين قد تواضعوا فى كتبهم على استخدام لفظ ” فلز ” للدلالة على هذه العناصر باعتبار أنه اللفظ العربى الصحيح الذى يقوم بالمعنى المطلوب ، إلا أننا نرى أنفسنا ملزمين بحجارة العرف المتداول لأن حكمه أقوى من حكم اللغة . وعلى ذلك سنطلق فى كتابنا هذا لفظ ” معدن “ للدلالة على المعنى المؤلف لدى الجمهور .

والعناصر تنقسم كيميائياً إلى قسمين وهما :

(١) معادن . ويسمى الكيمائيون "فلزات" وهي التي إذا وضعت أكاسيدها في الماء تكوّن معه قواعد كالصوديوم والحديد والفضة والذهب الخ .

(٢) لا معادن . ويسمى الكيمائيون "لا فلزات" وهي التي إذا وضعت أكاسيدها في الماء تكون معه أحماضاً كالسليكون والكبريت والكربون الخ .

وهذا التقسيم تقريبي لأنه يصعب وضع حدود دقيقة فاصلة بين هذين القسمين ، فبعض العناصر كالزرنينخ مثلاً يشترك في خصائصه بين المعدن وغير المعدن ، وأمثال هذا العنصر يطلق عليها اسم "أشباه المعادن" .

علم استخلاص المعادن — هو علم يبحث في طرائق استخلاص المعادن من أخلاطها ومركباتها ، وتحويلها من حالتها الغفلة التي توجد عليها في الطبيعة إلى الحالة التي تظهر عليها نهائياً في عالمي الصناعة والتجارة . كذلك يبحث في خصائص المعادن والحالات المختلفة التي توجد عليها ، كما يبحث في التغيرات التي تطرأ عليها وتعديل من خصائصها من جراء اختلاطها بغيرها من المعادن أو على أثر معالجتها بالوسائل الكيميائية والطبيعية والميكانيكية المختلفة .

ومع أن العناصر المعروفة كمعادن تبلغ نحو الخمسة والخمسين عدداً فإن علم استخلاص المعادن لا يتناول بالبحث منها عادة إلا كل معدن يوجد بكميات كافية في الطبيعة أو تكون له خصائص هامة تبرر دراسته . والمعادن التي يتوافر فيها هذان الشرطان لا تزيد عن الخمسة والعشرين ، لكننا سنجعل مدار بحثنا في هذا الكتاب مقصوراً على أربعة عشر منها فقط لما لها من أهمية خاصة وهي :

الحديد ، النحاس ، الزنك (الخارصين) ، القصدير ، الرصاص ،
الأنثيمون ، المانجنيز ، الألومنيوم ، الكروم ، النيكل ، الفضة ، الذهب ،
البلاتين ، المغنيزيوم .

خصائص المعادن — وللمعادن خصائص تمتاز بها عن غيرها وتتوقف عليها
صلاحية هذه المعادن للأغراض الصناعية المختلفة ، وأهم هذه الخصائص هي :
الثقل النوعي ، الصلابة ، قابلية الصهر ، قابلية التطاير (أى قابلية التبخر) ،
قوة التماسك ، الاستطالة ، المرونة ، قابلية السحب ، قابلية الطرق ، مقاومة
الثنى والالتواء ، قابلية السك ، قابلية اللحام ، القدرة على التوصيل الحرارى
والكهربائى ، مقاومة العوامل الجوية والعوامل الكيميائية .

وفى ما يلى بعض أمثلة نسوقها للدلالة على أهمية هذه الخصائص فى تحديد
صلاحية المعادن للأغراض المختلفة : فالثقل النوعى المرتفع للذهب هو من
أهم الخصائص التى جعلت هذا المعدن يصلح أكثر من غيره نقداً للتعامل
والتداول حيث يمكن صنع نقد منه ذى قيمة كبيرة جداً فى حجم مقبول .
وعظم قوة تماسك الحديد مع انخفاض ثقله النوعى بالنسبة لغيره من المعادن
جعل هذا المعدن أصلح ما يكون لإقامة منشآت منه ذات وزن معقول .
كذلك انخفاض الثقل النوعى للألومنيوم جعل من الميسور صنع سبائك منه
خفيفة الوزن متينة تصلح للطائرات وأشباهاها . وصلابة الصلب جعلته
أصلح ما يكون لصنع العدد القاطعة . أما مقاومة الثنى والالتواء والقابلية
للطرق والقابلية للسحب وقوة التماسك فإنها تعين على وجه العموم درجة
صلاح المعدن للاستعمال ودرجة تقعه فى الأغراض الإنشائية . ثم إن قابلية
الصهر وقابلية التمدد تعين درجة صلاحه لعمل المسبوكات . أما مقاومة التلف
أو التآكل بفعل المؤثرات الجوية أو الكيميائية فهى خاصية لازمة
لاستخدام المعادن بصفة عامة .

الثقل النوعى — هو النسبة بين وزن كتلة من المعدن وكتلة مساوية لها من الماء . والجدول الآتى يبين الثقل النوعى لبعض المعادن المهمة :

الماء = ١

المغنسيوم ١,٧٤	النحاس ٨,٦
الألومنيوم ٢,٥٦	النيكل ٨,٨
الأنثيمون ٦,٧	الفضة ١٠,٥
الزنك ٧,١	الرصاص ١١,٣٦
القصدير ٧,٢	الذهب ١٩,٣
الحديد ٧,٨	البلاتين ٢١,٥

ويزداد الثقل النوعى عادة بالمعالجة الميكانيكية كالطرق والسحب والإمرار بآلات الخلخ .

الصلابة — ويعبر عنها الصناع المصريون بلفظ القساوة أو النشوفة . وأحسن تعريف لها هو "مقاومة الجسم لأن يخترقه جسم آخر" وتختلف هذه الخاصية فى المعدن الواحد باختلاف درجة نقاوته وطرائق معالجته . ويمكن أن يقال على وجه العموم إن صلابة المعدن تزداد بوجود مواد غريبة فيه ^(١) ، فالذهب الذى يستخدم فى سك النقود تزداد صلابته بإضافة ٨,٣٣ فى المائة إليه من النحاس ، كذلك كلما زادت نسبة الكربون فى مستخرجات الحديد زادت صلابتها ، أما من حيث تأثير طرائق المعالجة على درجة الصلابة فإن الطرق والسحب والإمرار بآلات الخلخ ^(٢) تزيد فى صلابة

(١) توجد بعض استثناءات لهذه القاعدة .

(٢) تسمى أيضا آلات التصفيح .

المعادن ، وبهذه الطريقة كان القدماء يزدون في صلابة الأسلحة البرنزية التي كانوا يستخدمونها . أما التخمير — وهو تسخين المعدن إلى درجة الاحمرار ثم تركه ليبرد ببطء زائد — فإنه ينقص على العموم من صلابة المعدن أى يزيد في طراوته ، لكن النحاس تزداد طراوته عادة كلما زادت سرعة تبريده عقب تسخينه ، ويسرى ذلك أيضا على كثير من سبائكها^(١) . وأسهل طريقة تقريبية لقياس درجة الصلابة لأى جسم هى خدشه بواسطة جسم آخر ذى صلابة معلومة . وتستخدم هذه الطريقة بكثرة فى الورش المصرية حيث يسقط المبرد على الجسم المطلوب معرفة درجة صلابته ، فتوقف النتيجة على مقدار التآكل الذى ينتج من تسليط المبرد . لكن الطرائق الدقيقة لقياس درجة الصلابة فى المصانع الكبيرة تكون بواسطة أجهزة خاصة تحدث حرا أو فدغا فى الجسم المطلوب قياس درجة صلابته . وأشهر هذه الطرائق وأكثرها انتشارا طريقة (برينل Brinell) ، وتتخلص فى تسليط كرة من الصلب الناشف المقسى قطرها عشر المليمترات على سطح مستو من الجسم المطلوب تعيين صلابته وضغطها بقوة ضاغطة قدرها ثلاثة آلاف كيلو جرام ثم قياس قطر الفدغ الذى تحدثه الكرة فى سطح الجسم ، فكلما كبر هذا القطر دل ذلك على قلة صلابة المعدن والعكس بالعكس .

قابلية الصهر — جميع المعادن المعروفة يمكن صهرها ، أى تحويلها إلى سوائل بواسطة الحرارة . لكنها تختلف كثيرا فى مقدار استعدادها للصهر وفى درجة الحرارة اللازمة لذلك ، فالقصدير والرصاص والزنك مثلا يمكن صهرها فى أية نار عادية ، بينما البلاتين لا يمكن صهره إلا اذا عرض للهب الاوكسى ايدروجين . وبعض المعادن تتحول قبل انصهارها إلى حالة عجينة

(١) السبيكة المعدنية هى خليط مركب من معدنين فأكثر .

كالحديد الخام والبلاطين لكن البعض الآخر يتحول بسهولة من الجمودة إلى السيولة ، وهذا ينطبق أيضا على السبائك المعدنية. فالسبيكة المعروفة بقصدير اللحام — والتي تستخدم في وصل المواسير الرصاص وتركب من جزئين من الرصاص وجزء من القصدير — تتحول عند تسخينها إلى مادة عجينية فيمكن لسبائك المواسير تشكيلها فوق الوصلة وهي على هذه الحالة .

وبعض المعادن تنكش عند انصهارها فتصير وهي سائلة أشد كثافة منها وهي جامدة وذلك عند نقطة الانصهار ، ويمكن مشاهدة هذه الظاهرة بوضوح في الزهر عند صهره ، فان الكتل الجامدة التي لم تنصهر تطفو على سطح الزهر المنصهر ، لكن أغلب المعادن تتمدد عند صهرها فتقل كثافتها .

والمعادن التي لا تتحول إلى عجينة قبل انصهارها والتي تتمدد عند تجمدها هي الأصح للسباكة لأن المسبوكات التي تصنع منها تكون محددة الأركان ناطقة التفاصيل ، ولهذا السبب تفضل بعض أنواع الزهر الخام البعض الآخر في صنع المسبوكات ، وللسبب نفسه يضاف جزء من البزموت على سبائك الزنك والقصدير في صنع المسبوكات المعروفة باسم ” البرنز الصناعي ” والتي تستخدم في عمل التماثيل الرخيصة والأواني المنزلية والزخفية . ودرجة حرارة انصهار السبائك المعدنية تكون على الدوام منخفضة ، وقد تقل أحيانا عن درجة حرارة انصهار أكثر مركباتها قابلية للصهر . مثلا السبيكة المركبة من جزء من الرصاص وجزء من القصدير وجزئين من البزموت تنصهر في الماء المغلي أي في درجة تقرب من ١٠٠° مئوية . ويستفاد عادة من هذه الخاصية في عمل سبائك اللحام التي تنصهر على درجة حرارة منخفضة لأنه يلزم أن تكون هذه السبائك أكثر قابلية للانصهار من المعادن المطلوب لحامها بها .

ونقط الانصهار لبعض المعادن المهمة هي :

القصدير	٢٣٠°	مئوية	الذهب	١٠٨٤°	مئوية
البرموت	٢٦٨°	»	الزهر	١١٠٠° ١٣٠٠°	»
الرصاص	٣٣٠°	»	الحديد الخام	١٦٠٠°	»
الزنك	٤١٢°	»	الألومونيوم	٦٥٨°	»
الأنثيمون	٤٥٠°	»	المغزيوم	٨٠٠°	»
الفضة	٩٥٠°	»	البلاتين	١٧٧٠°	»
النحاس	١٠٨٥°	»	الصلب	١٤٠٠° ١٦٠٠°	»

قابلية التطاير — (أى قابلية التبخر) بعض المعادن يمكن تحويلها بسهولة الى بخار بواسطة الحرارة وتنعت هذه المعادن بالمتطايرة أو القابلة للتبخر ، ويمكن تقطيرها بتسخينها واستقبال بخارها في مكثفات ثم تبريدها . فالزئبق والزنك والصوديوم والبوتاسيوم والزرنيخ تستخلص من معادنها الغفلة^(١) بهذه الطريقة . ويلاحظ أن قابلية التبخر خاصة نسبية ، إذ أن جميع المعادن تقريبا يمكن تبخيرها لدرجة كبيرة أو صغيرة في الأفران المرتفعة الحرارة كالأفران الكهربائية بينما بعضها كالرصاص والأنثيمون والذهب والفضة قابل للتبخر بدرجة محسوسة في حرارة الأفران العادية المستخدمة في صهر المعادن .

قوة التماسك — ويعبر عنها في علم مقاومة المواد بقوة الشد (أو مقاومة الشد) وهي مقاومة المعدن لما يقع عليه من قوى الشد دون أن ينكسر . وتشارك

(١) توجد أغلب المعادن في الطبيعة على هيئة مركبات كيميائية تخفى حقيقتها المعدنية ، فان كانت هذه المركبات تحتوى على كمية من المعدن تبرر استخراجها منها فان هذه المركبات تنعت بالمعادن الغفلة .

جميع المعادن في هذه الخاصية بدرجات متفاوتة . وتقاس قوة الشد لأى معدن بمقداراً كبير حمل يمكن أن تحمله ساق من هذا المعدن قطاعه وحدة مربعة دون أن ينكسر . ففى الطريقة الانجليزية يقال إن قوة الشد لهذا المعدن هى كذا رطلاً أو طناً على البوصة المربعة ، أما فى الطريقة المترية فيقال كذا كيلوجراماً على السنتيمتر المربع أو المليمتر المربع . وفى عرف المهندسين تحسب قوة الشد بالطن على البوصة المربعة أو الكيلوجرام على السنتيمتر المربع .

وتتأثر هذه الخاصية كثيراً بدرجة نقاء المعدن وكمية المواد الغريبة الموجودة فيه . فإما أن تزيد هذه المواد أحياناً فى مقدار هذه الخاصية وإما أن تنقصها . مثلاً إضافة جزء بسيط من الكربون على الحديد الحام لتحويله إلى صلب تعقبها زيادة محسوسة فى قوة التماسك ، بينما زيادة نسبة الكربون عن اللازم فى بعض أنواع الزهر تضعف من هذه القوة فيه . كذلك يحدث وجود الكبريت نقصاً ظاهراً فى قوة تماسك المعدن .

والمعالجة الميكانيكية كالطرق والإمرار بالآلات الجليخ (لا سيما على البارد) والسحب إلى أسلاك تزيد عادة فى قوة تماسك المعدن ، وذلك لأنها تحدث تغييراً فى تكوين جزيئاته لا سيما فى القشرة الخارجية ويمكن إزالة هذه الزيادة بالتخمير .

وتحدث الحرارة إن تجاوزت الحد المناسب عكس ما تحدثه المعالجة الميكانيكية ، إذ تميل جزيئات المعدن لأن تتفصل متأثرة بتمدد المعدن من فعل الحرارة .

ويبين الجدول الآتي أقصى قوة تماسك لبعض المعادن المهمة :

المعدن	الأطنان على البوصة المربعة	المعدن	الأطنان على البوصة المربعة
حديد خام	١٨ — ٢٤ تقريبا	فضة مسبوكة ...	١٥ تقريبا
صلب طرى	٢١ — ٣٢ »	الومنيوم	١٢ — ١٦ »
» متوسط ...	٢٤ — ٣٥ »	ذهب	٧,٥ »
» ناشف ...	٥٠ — ٥٥ »	زنك	١٢ »
» أقلام	٤٠ — ٧٠ »	قصدير	٠,٦ — ١,٨ »
» سبائك ...	٣٠ — ١٣٠ »	أسلاك رصاص ...	٠,٩ — ١,٥ »
زهر	٧ — ١٢ »	أنتيمون	٠,٥ »
نحاس	١٢ — ٢٠ »	رصاص	٠,٦ »

وتتأثر أيضا قوة تماسك المعدن تبعا لنوع العمل الذي يؤديه أو الأحوال التي يوجد فيها . فالصلب والحديد الخام مثلا يتبلور مقطعهما غالبا ويصبحان هشين اذا عرضا لاهتزازات متوالية، أو اذا سخنا لدرجة الاحمرار ثم بردا على التعاقب فيؤدي ذلك الى ضعف قوة التماسك فيهما . وكثير من حوادث الكسر التي تحدث لها تعزى لهذين السببين .

وتقدر قوة التماسك عادة لأي معدن بأخذ نموذج منه ذي أبعاد معينة وشده تدريجيا على آلة اختبار ، وملاحظة القوة التي تكسره .

الاستطالة — المدى الذي يستطيل اليه المعدن فعلا قبل انكساره من جراء تسليط قوة شادة عليه ذو أهمية كبرى في الأعمال الهندسية والصناعية . فالمعادن القابلة للسحب وذات المقاومة للثني والالتواء تستطيل كثيرا بينما المعادن الصلبة (الناشفة) لا تستطيل إلا قليلا . وعلى ذلك فالاستطالة تعتبر دليلا على قابلية المعادن للسحب وتقاس عادة بواسطة آلات الاختبار

السابق الإشارة إليها . وتقدر كنسبة مئوية ، فإن كان طول النموذج في الأصل عشر بوصات وطوله بعد كسره ١٢ بوصة فإنه يكون قد استطال بوصتين وتكون النسبة المئوية للاستطالة عشرين في المائة .

المرونة — وهي مقدرة الجسم على استعادة شكله وحجمه الأصليين بعد زوال القوة التي تحدث فيه التغير . وتشاهد هذه الخاصية بوضوح تام في المطاط فإنه يستطيل وتنقص مساحة قطاعه العرضي إذا شد ، لكنه يرجع إلى حالته الأصلية إذا أزيلت القوة الشادة . واللامرونة عكس المرونة ويقال للجسم إنه ”لامرن“ إذا لم يستعد حجمه وشكله الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة عليه .

والمرونة خاصية مشتركة في جميع المعادن لكن بدرجات متفاوتة ، ويمكن مشاهدتها بسهولة أثناء تجربة النماذج المعدنية في آلات الاختبار . فإن هذه النماذج تستطيل أثناء تسليط القوة عليها ، فإذا أزيلت القوة ترجع النماذج إلى طولها الأصلي ، وذلك إذا لم تزد القوة عن حد معين يسمى ”حد المرونة“ ، لكنها إذا زادت عنه يفقد المعدن مرونته ويدخل في طور اللامرونة فيستطيل بصفة ثابتة . ومن هذا يرى أن المعادن تكون مرنة تماما ما دامت لم تصل إلى حد المرونة . ويعرف هذا الحد بأنه مقدار الجهد الذي يحدث استطالة معلومة ثابتة بعدها لا تستعيد المادة حالتها الأولى .

والنسبة بين حد المرونة وقوة التماسك ذات أهمية عظمى في الأعمال الإنشائية الهندسية ، وكلما كبرت هذه النسبة كان المعدن أكثر استيثاقا وأقل قابلية للتأثر بالاهتزازات .

وهناك اصطلاح آخر يسمى "معامل المرونة" ويعرف "بأنه الجهد اللازم لمط الجسم الى ضعف طوله الأصلي إذا ظل تام المرونة". ويؤخذ هذا المعامل دليلا على مقدرة الجسم على الاستطالة المرنة ويستخرج حسابيا من قراءات هذه الاستطالة .

قابلية السحب — هي الخاصية التي تساعد الجسم على الاستطالة (أى الانسحاب فى اتجاه طوله) بصفة ثابتة وبدون تلف اذا عُرض لقوة شادة . وتشاهد هذه الخاصية بوضوح تام فى سحب المعادن الى أسلاك .

وقابلية السحب تكون فى حالة البرودة أكبر منها فى السخونة ، ولذلك تسحب المعادن عادة الى أسلاك وهى باردة . وتتوقف هذه الخاصية فى الأصل على قوة التماسك وبدرجة أقل على الصلابة . فالمعادن المعتدلة الطراوة والمتوسطة قوة التماسك هى أكثر من غيرها قابلية للسحب . وقوة التماسك يلزم أن يكون مقدارها من الكبر بحيث يمكنها مقاومة القوة اللازمة للسحب ، وهذه القوة الأخيرة يتوقف مقدارها على الصلابة .

ولهذا السبب يسبق الذهب والفضة غيرهما من المعادن فى القابلية للسحب . كذلك الحديد يسبق النحاس والقصدير والرصاص وغيرهما من المعادن ذات قوة التماسك القليلة ولو أنها أكثر طراوة منه .

وفىما يأتى بيان بعض المعادن القابلة للسحب مرتبة حسب قابليتها الأكثر فالأقل :

الذهب . الفضة . البلاتين . الألومنيوم . الحديد . النحاس . الزنك .
القصدير . الرصاص .

ونظرا لعظم قابلية الذهب للسحب فقد أمكن عمل أسلاك منه رقيقة كنسيج العنكبوت ، وذلك بسحبه بعد تغليفه بغلاف من الفضة ثم إذابة هذا الغلاف في حمض الأزوتيك عقب عملية السحب .

وقابلية السحب ذات أهمية كبيرة لدى المهندسين في المنشآت الهندسية بجميع أنواعها من ميكانيكية ومدنية ومعمارية ، فان جميع مستخرجات الحديد المستخدمة في هذه المنشآت يلزم أن تكون قابلة للسحب بدرجة تسمح للأعضاء المصنوعة منها بالاستطالة قليلا عند حدوث طوارئ غير متظرة نتيجة عيب في الصناعة أو غير ذلك من الأسباب ، لأن هذه الأعضاء إن لم تستطع تتولد فيها جهود موضعية كبيرة قد تجهدوها الى ما فوق حد المرونة بكثير فتحدث فيها تلقا بالغا . وعلى ذلك يعطى المهندسون لهذه الخاصية من الأهمية ما يعطون لخاصتى قوة التماسك والمرونة .

قابلية الطرق — هى الخاصية التى تساعد الجسم على التمدد بصفة ثابتة فى جميع اتجاهاته دون أن ينكسر ، وذلك من جراء تعريضه لقوة ضاغطة . وتشاهد هذه الخاصية بوضوح تام فى المعادن عند طرقها أو إمراها فى آلات الخلخ .

وتقاس قابلية الطرق لأى معدن برقة الصفائح التى يمكن صنعها منه . وعلاقة الصلابة بهذه الخاصية أظهر أثرا من علاقتها بقابلية السحب ، ولهذا السبب نجد أن النحاس أكثر قابلية للطرق من الحديد بينما الحديد أكثر قابلية للسحب من النحاس . وإذا زاد الضغط اللازم للتغلب على الصلابة وإحداث التمدد عن قوة التماسك فان المعدن ينكسر .

وتتأثر هذه الخاصية كثيرا بوجود المواد الغريبة فى المعادن فان وجود أثر ضئيل من البزموت أو الزرنيخ أو الأنتيمون فى الذهب مثلا قد يجعله

في بعض الحالات هشا (قابلا للكسر) . كذلك تتأثر هذه الخاصية كثيرا بالحرارة ، فالحديد يكون قابلا جدا للطرق وهو ساخن بشرط ألا تصل سخونة للدرجة التي تحرقه . أما الزنك التجاري فانه يعطينا أوضح مثال على تأثير الحرارة في المعادن ، فالزنك المذكور يكون هشا وهو بارد ومقطعه متبلور ، فان رفعت حرارته إلى درجة 120° — 150° مئوية فانه يصير قابلا للطرق ، ويمكن تحويله عندئذ الى صفائح (ألواح رقيقة) ، لكن اذا زادت درجة الحرارة عن ذلك قليلا فانه يصبح أكثر هشاشة منه وهو بارد . وألواح الزنك المصنوعة على درجات الحرارة المناسبة تحتفظ بقسط كبير من قابليتها للطرق ويمكن ثنيها كغيرها من ألواح المعادن الأخرى مع بذل قليل من العناية .

وهاك بيان بعض المعادن حسب ترتيب قابليتها للطرق الأقل :

الذهب . الفضة . الألومنيوم . النحاس . القصدير . البلاتين . الرصاص .
الزنك . الحديد .

والألواح والصفائح المعدنية على اختلاف أسماكها تصنع عادة بواسطة آلات الجلف ما عدا الرقائق فانها تصنع عادة بواسطة الطرق ، وقد صنعت رقائق من الذهب سمكها $\frac{1}{28000}$ من البوصة أمكن للضوء أن ينفذ خلالها . كذلك صنعت من الحديد الروسي صفائح رقيقة سمكها $\frac{1}{88}$ من البوصة تقريبا .

وتختبر قابلية الطرق للمعادن بثنيها أو بطرقها أو بطرائق عديدة أخرى ، ويلزم أن تتوافر هذه الخاصية في مسامير البرشام والكمرات وما شابهها من المصنوعات المعدنية التي يستخدمها المهندسون .

مقاومة الثنى والالتواء — وهى الخاصية التى يتمكن الجسم بواسطتها من مقاومة الكسر بالثنى أو الالتواء. وجميع المعادن القابلة للطرق تشترك فى هذه الخاصية لكن بدرجات لا تتناسب تماما مع قابليتها للطرق ، وتقاس هذه المقاومة عادة بثنى المعدن جيئة وذهابا بحملة مرات لزاوية معينة ، فعدد المرات التى يثنىها المعدن دون أن ينكسر تكون قياسا لمقاومته ، كذلك تقاس بعدد الليات التى يمكن أن تلتويها ساق أو سلك من المعدن ذو طول معين دون أن ينكسر ، وتقاس هذه المقاومة أحيانا — كما هو الحال فى القضبان المصنوعة من الصلب — بوضع أحد القضبان أفقيا على ركيزين والسماح لثقل بالسقوط عليه من ارتفاع معين .

قابلية السك — (أو قابلية الانسياب) هى خاصية تظهر فى المعادن فى حالة اللامرونة ويمكن بواسطتها للمعدن وهو جامد أن يقبل التشكيل لأى شكل يراد به ، فان وضع فى وعاء مثلا وسلطت عليه قوى ضاغطة فانه يتشكل بشكل الوعاء المحيط به .

ويستفاد من هذه الخاصية فى صنع المواسير الرصاص وسك النقود والمداليات وغير ذلك .

ويظهر أن هذه الخاصية تستمد وجودها من اجتماع خصائص قابلية الطرق وقابلية السحب ومقاومة الثنى والالتواء فى وقت واحد فيحدث ذلك فى المعدن تكويننا خاصا يجعله فى حالة شبه عجينية تسمح لذراته بالانسياب أى الانزلاق والتدحرج بعضها بالنسبة لبعض ، وانسياب المعدن يقصد به شيوع الحركة فى جميع جزيئاته .

والرصاص من أكثر المعادن قابلية للسك ، ويمكن أن تصنع من ألواح بعض الأواني وذلك بوضعها على قوالب مشكلة على شكل الآنية المطلوبة

ثم يطرق عليها طرقا خفيفا فينسب الرصاص إلى داخل القالب ، كذلك تصنع المواسير الرصاصية من كتل من الرصاص تضغط حول قالب خاص بالضغط المائي .

وتسك النقود والمداليات وغيرها من المسكوكات بوضع قطع المعدن المطلوب سكها في قوالب (اسطوانات) مكونة من (ذكر وأنثى) وبالضغط الفجائي ينساب المعدن ويملا كل تجاويف القالب فيتشكل بشكله تماما وتخرج القطعة واضحة التفاصيل ناطقة التقاسيم حادة الأركان .

أما اذا استعيض عن طريقة السك بصهر المعدن ثم صبه في القوالب فان المعدن يجمد قبل أن يملا القالب تماما نظرا لقلّة سمك القطع المطلوب صنعها فتخرج مبهمة غير واضحة ، وسك المعدن على البارد يكسبه رنينا خاصا يميزه عن نظيره المسبوك .

قابلية اللحام — هي الخاصية التي يمكن بواسطتها لقطعتين من معدن واحد أو من معدنين مختلفين أن تلتحما وتكونا كتلة واحدة متماسكة دون استخدام أى وسيط من مواد اللحام ، وذلك بوضع سطح إحداهما على سطح الأخرى وضغطهما ضغطا مناسباً في أحوال ملائمة .

ومن الضروري أن يكون سطح الالتحام نظيفين جدا وأن يكونا أيضا في حالة تسمح بانسياب ذراتهما بسهولة تحت تأثير الضغط المسلط عليهما . وأغلب المعادن تحتاج للتسخين بدرجات مختلفة حتى تصبح في حالة عجينية تساعد على الانسياب ، فالرصاص مثلا يمكن لحامه وهو بارد أو عند تسخينه قليلا ، لكن الحديد لا يمكن لحامه إلا اذا رفعت حرارته لما يقرب من الدرجة البيضاء .

وأغلب المعادن تتأكسد عند تسخينها ، فلفضان التحامها يلزم إزالة الأوكسيد عنها حتى يمكن لسطحي الالتحام أن يلتصق أحدهما بالآخر تماما . ولهذا السبب يصعب لحام الرصاص في الأجواء الرطبة لأنه يتأكسد بسهولة في هذه الأجواء إذا عرض لها مدة قصيرة في درجات الحرارة العادية ، أما الذهب فإنه يلتحم بسهولة إذا كان نقيا وذلك لطراوته وامدوم قابليته للتأكسد .

ويلزم للحام الحديد اللحام إما تسخينه لدرجة حرارة عالية جدا تصهر الأوكسيد المتكون على سطحي الالتحام وتحوله الى سائل ، وإما رش قليل من الرمل على هذين السطحين فيتحد الرمل مع الأوكسيد ويكون مركبا كيميائيا سائلا هو سليكات الحديد ، فإذا ما وضع سطحا الالتحام أحدهما فوق الآخر وطرق عليهما فإن السائل ينضغط من بينهما ويتركهما نظيفين فيلتحمان بسهولة ، وفي لحام الصلب يستخدم في الغالب بدلا من الرمل خليط مركب من عشرة أجزاء من البوراكس وجزء من النشادر وجزء من الرمل .

ويمكن للرصاص والقصدير أن يلتحما بعضهما ببعض دون صعوبة كبيرة ، فإذا طبق لوح من القصدير على لوح من الرصاص ووضع في آلة الخلخ فانهما يلتحمان ويكونان لوحا واحدا مركبا .

وأكثر المعادن قابلية للحام هي البلاتين والذهب والفضة والرصاص والقصدير والحديد والنيكل .

القدرة على التوصيل الحرارى والكهربائى — المعادن على وجه العموم
موصلات جيدة للحرارة والكهرباء ، والجدول الآتى يبين القدرة النسبية
على التوصيل لبعض المعادن :

المعدن	التوصيل الحرارى	التوصيل الكهربائى
الفضة	١٠٠٠	١٠٠٠
النحاس	٧٤٨	٩٤١
الذهب	٥٤٨	٧٣٠
الألومنيوم	—	٥١١
الزنك	—	٢٦٦
البلاتين	٩٤	١٦٦
الحديد	١٠١	١٥٥
النيكل	—	١٢٠
القصدير	١٥٤	١١٤
الرصاص	٧٩	٧٦

وقدرة المعدن على التوصيل الكهربائى تقل كثيرا إذا ارتفعت درجة
حرارته أو إذا اختلط بمواد غريبة ، فالنحاس غير النقى تقل قدرته على
التوصيل الكهربائى حتى تعادل الحديد تقريبا .

والسبائك المعدنية على العموم موصلات رديئة لكنها قل أن تتأثر
بالحرارة .

مقاومة العوامل الجوية والعوامل الكيميائية — فى كثير من الأغراض
الصناعية تختلف صلاحية المعادن باختلاف مقاومتها لفعل العوامل الجوية
والكيميائية . فكلما كانت هذه المقاومة أكبر كان المعدن أكثر صلاحية ،

والواقع أن اختلاف هذه المقاومة في المعادن يعزى إلى اختلاف ميلها الكيمائى للاتحاد مع الأوكسيجين أو بعض المواد الأخرى . فمن المعادن ما يتحد مباشرة مع أوكسجين الهواء الجوى فى درجة الحرارة العادية كالحديد ومنها ما يتحد معه بالتسخين كالزنك والرصاص .

ولما كان الهواء الجوى يحتوى على بعض غازات ثنائى أوكسيد الكربون ومقدار من الرطوبة وجزء من ثانى أوكسيد الكبريت فإن تلك الغازات تتحد مع بعض المعادن أو تسهل اتحادها مع أوكسيجين الهواء . فـرطوبة الجو مثلا تساعد على اتحاد الحديد مع أوكسيجين الهواء مكونة طبقات رقيقة هشة من أوكسيد الحديد تعلو سطح الأول ثم تمتص بسرعة أوكسجين الهواء وتدفعه إلى داخل المعدن حيث يتحول الحديد جميعه مع الزمن إلى أوكسيد الحديد .

ومن المعادن ما يتحد سطحه الخارجى بأوكسيجين الهواء مكونا أوكسيديا يكون بمثابة مادة عازلة تقى المعدن من التأثيرات الجوية . مثال ذلك الرصاص والزنك . كذلك النحاس عند تعرضه للهواء الجوى الرطب يتحد مع ثانى أوكسيد الكربون مكونا كربونات النحاس التى تعزل سطحه الخارجى عن التأثيرات الجوية . وأشد المعادن تأثرا بالهواء الجوى هو الحديد ويشاهد ذلك بوضوح فى المناطق الرطبة التى تجاور البحار حيث يتحد الأوكسيجين بسهولة مع الحديد فيحدث فيه تآكلا يظهر أثره على شكل حفر صغيرة تعلو كل سطحه . وتتحد أكاسيد الكبريت الموجودة فى الهواء بمعظم المعادن تقريبا مكونة لكبريتيد تلك المعادن ، مثال ذلك ما يحدث فى المناطق التى تكثر فى أجوائها أكاسيد الكبريت كالمناطق المجاورة لنبابع المياه الكبريتية مثل حلوان ، فإن هذه الأكاسيد تتحد بالحلى الذهبية والفضية فتكسوها

طبقة سوداء هي كبريتيد تلك المعادن . ويتأثر الرصاص بثاني أكسيد الكربون فيقتم لونه الفضي .

وتختلف درجة تأثير المعادن بالعوامل الجوية تبعا للمناطق المختلفة ، ولذلك تجرى على المعادن عمليات عديدة لوقايتها تختلف باختلاف المعدن المستعمل والمنطقة المستعمل فيها . وعلى العموم فإن أسهل طريقة لوقاية المعدن هي طلاء سطحه بمركب كيميائي في أغلب الأحوال يحتوي على أكسيد معدن آخر فيكون هذا الطلاء بمثابة طبقة عازلة فوق سطحه . وأهم تلك الأكاسيد السلاقون الأحمر (أكسيد الرصاص الأحمر) ، وأبيض الزنك (أكسيد الزنك) . كذلك دلت التجارب على أن صقل المعدن صقلا جيدا يدمج ذرات سطحه بعضها ببعض ويسد المسام الجزئية فيجعلها أقل تأثرا بالهواء الجوي وغازاته . ومن أجل ذلك شاع أخيرا صقل المعادن بمعدن آخر أشد منه صلابة ، فاستعمل الماس في صقل الصلب والحديد . ومن أحسن الطرائق وأكثرها انتشارا استخدام المعادن الأقل تأثرا بالهواء الجوي كمادة واقية للمعادن الأشد تأثرا فتطلى الأخيرة بطبقات رقيقة من الأولى كما هو مشاهد في تغطية السطح الخارجي لألواح الحديد والصلب (ألواح الصاج) بطبقات من القصدير أو الزنك . وفي طلاء بعض الأواني الحديدية أو النحاسية بطبقات من النيكل أو الفضة أو الذهب . وتطلى المعادن بطريقتين :

الأولى : طريقة الترسيب الحرارى ، وذلك بغمر المعدن في المعدن
الواقى المنصهر . •

الثانية : طريقة الترسيب الكهربائي ، وذلك بترسيب المعدن الواقى على
سطح المعدن بواسطة تيار كهربائي .

وقد ظهرت حديثا (طريقة الرش) لتغطية المعادن وطلائها ، وذلك برش المعدن الواقع المنصهر كالزنك على السطح المراد وقايته . وقد امتعملت هذه الطريقة بنجاح كبير في رش بدن المراكب وقاية لها من تأثير الماء الملح والتأثيرات الجوية .

والمعادن على العموم لا تقاوم فعل الأحماض لأنها تحل محل أيديروجين هذه الأحماض وتكون مركبات كيميائية تسمى أملاحا ، لذلك لا تستخدم المعادن قط في عمل الأوعية المعدة للأحماض إلا في الضرورات القصوى .

الفصل الثانى

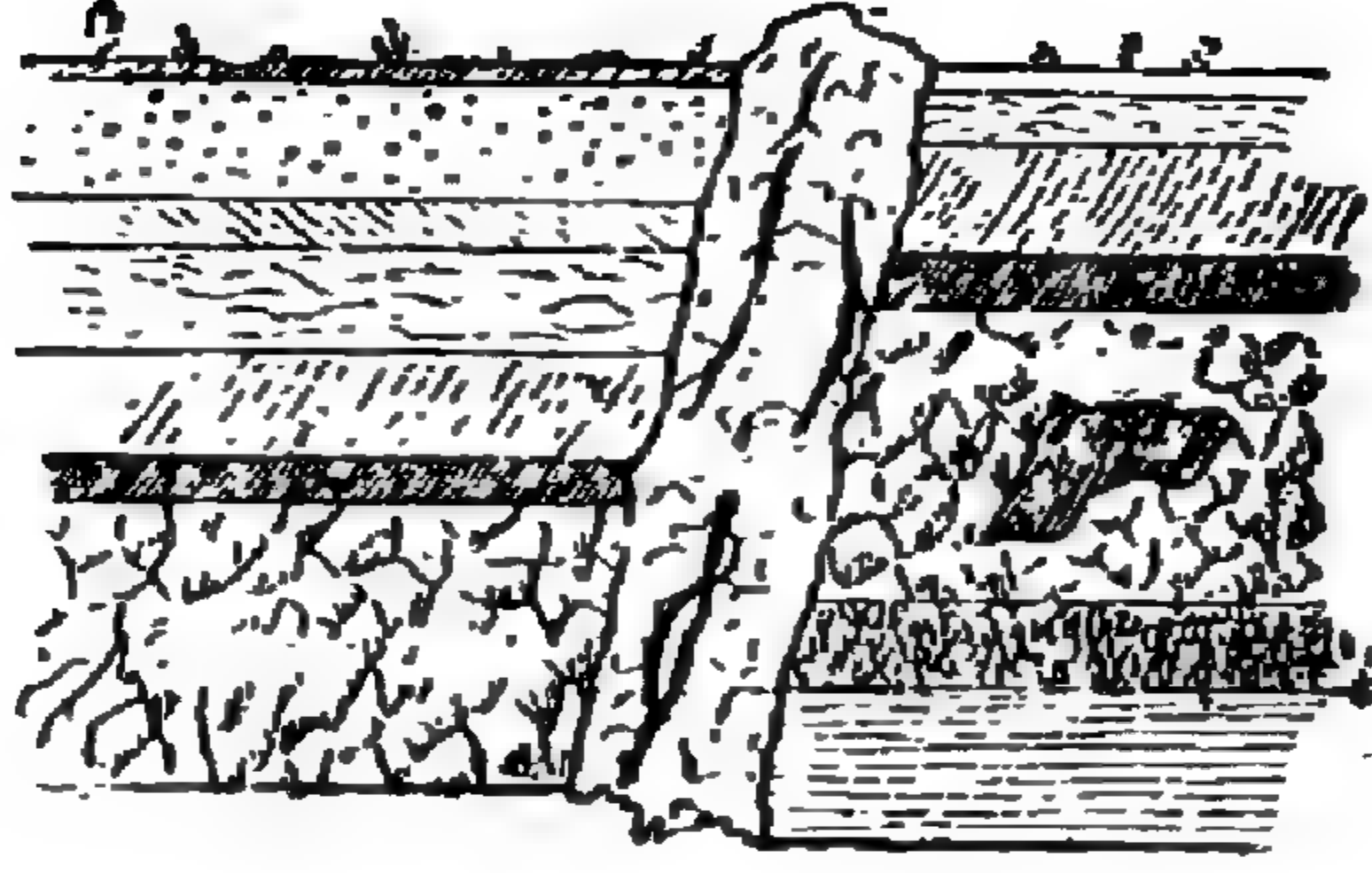
بعض الاصطلاحات والعمليات الهامة المستخدمة
فى علم استخلاص المعادن ، الأفران ، البيرومترات ،
المواد الصلصالية

المعدن البكر — قليل من المعادن ما يوجد فى الطبيعة طليقا على حالته المعدنية . وما يوجد منها على هذه الحالة يمكن أن يطلق عليه اسم المعدن البكر ، تميزا له عن غيره . فالبلاتين بأجمعه ، وأغلب الذهب وبعض الفضة والنحاس والزنبق والبرموت والزنبيخ توجد على هذه الحالة . ويكون المعدن حينئذ إما على شكل عروق كبيرة الحجم مختثرة طبقات الصخور ، وإما على شكل حصى صغير منتشر فى باطن الصخر ، وإما على شكل رواسب مختلطة بالرمال تتخلف فى منخفضات الأنهار .

المعدن الغفل — بيد أن أغلب المعادن وأكبر كياتها توجد عادة فى الطبيعة غير طليقة ، بل تكون متحدة مع عناصر أخرى على هيئة مركبات كيميائية تخفى حقيقتها المعدنية . فان كانت هذه المركبات تحتوى على كمية كبيرة من المعدن بحيث يمكن استخلاصه منها بسهولة ويكون ناتجه جيد النوع مضمون الربح فان هذه المركبات تنعت بالمعادن الغفلة . أما اذا كان الأمر بعكس ذلك فان هذه المركبات تهمل كلية ، ولا يطلق عليها هذا الاسم .

والمعادن الغفلة توجد غالبا فى باطن الأرض ، وقد توجد أحيانا فى حفر مكشوفة للهواء . وتكون فى الحالة الأولى إما على شكل طبقات منتظمة

منبسطة بين الطبقات الصخرية وعلى محاذاتها وإما متجمعة على شكل أكوام غير منتظمة .



(شكل ١)

قطاع يبين الحالات المختلفة للمعدن الغفل بين طبقات الأرض

لكن الكثير منها يوجد في صدوع (شقوق) متكونة بين الصخور ومختقة طبقاتها وتكون مصحوبة بأخلاط لامعدنية تملأ هذه الصدوع مثل الكوارتز والميكا والكلوريت والسليكات والكلسيت والدولوميت وغيرها من الأخلاط الطفلية والرملية . وقد يتفد المعدن الغفل من هذه الصدوع أحيانا إلى سطح الأرض ويبرز منها على شكل نتوء . ونظرا لتعرض هذا النتوء للتأثيرات الجوية فإن معالنه قد تتغير غالبا تغيرا كليا بفعل الهواء والرطوبة فيتحول الكبريتيد إلى كبريتات وأوكسيد ، وتحول الكربونات إلى كربونات مائية وغير ذلك . وقد يمتد أثر هذا التغير أحيانا إلى أسفل حتى يصل إلى مستوى الطبقات المائية . وشكل (١) يبين الحالات المختلفة التي توجد عليها المعادن الغفلة في باطن الأرض وفوق سطحها .

وأكثر المعادن الغفلة انتشارا في الطبيعة لاستخلاص المعادن هي :

المعدن الغفل	التركيب	المعادن التي توجد على هذه الحالة
أوكسيد	معدن وأوكسجين	الحديد . النحاس . الزنك . القصدير . المانجنيز . الكروم . الأتيمون . الألومنيوم .
كبريتيد	معدن وكبريت	النحاس . الرصاص . الزنك . الأتيمون . الفضة .
كربونات	معدن و كربون وأوكسجين	الحديد . النحاس . الزنك . الرصاص . المانجنيز .
فلوريد	معدن وفلور	الألومنيوم
كلوريد	معدن وكلور	النحاس . الفضة .
فوسفات	معدن وفوسفور وأوكسجين	الرصاص .
زرنيخيد	معدن وزرنيخ	النكل . الكوبلت .
سليكات	معدن وسليكون وأوكسجين	النحاس . الزنك . النكل .

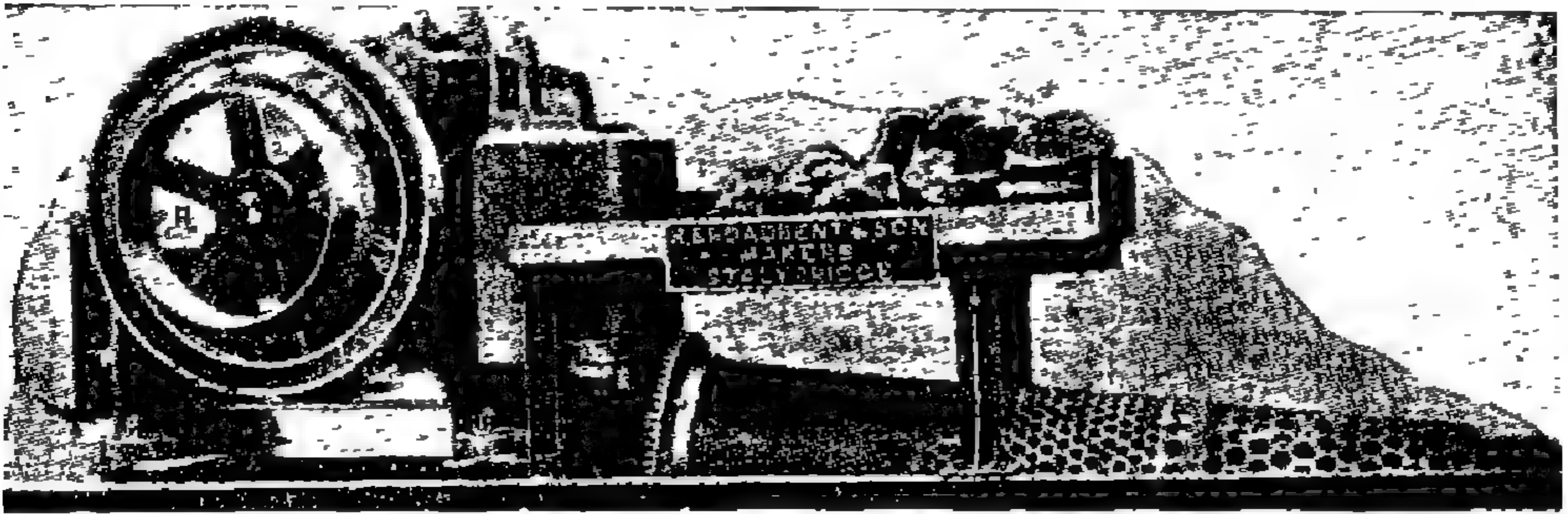
وهناك خلاف ما ذكر مركبات أخرى تعتبر معادن غفلة منها ما يدخل الماء في تركيبه كبعض الكربونات والأوكسيدات المائية .

تجهيز المعدن الغفل — تجرى على المعدن الغفل بعد استخراجه من منجمه بعض عمليات ضرورية لفصله عن الأخلاط اللامعدنية الموجودة معه ، وتسمى عمليات التجهيز . فبعض المعادن يمكن فصلها لدرجة مناسبة عن أخلاطها بفرزها باليد ثم إزالة الصخور وبقية الأخلاط العالقة بها بواسطة مطرقة . لكن اذا كانت المعادن الغفلة مستخرجة من صدوع الصخور فان الأخلاط تكون ملتصقة بها التصاقا دقيقا ، وفي هذه الحالة يستدعى الفصل إجراء بعض عمليات محكمة . وأغلب هذه العمليات مبنى

على فرق الكثافة النوعية للمواد المطلوب فصلها ، اذ المواد المعدنية تكون على العموم أثقل من الأخلاط اللامعدنية العالقة بها ، فاذا ما سلط على المعدن الغفل تيار من الماء المتدفق فان المواد المعدنية لا تترشح عن مواضعها الا قليلا لثقلها ، بينما المواد اللامعدنية الخفيفة تندفع مع التيار .

وتتلخص عمليات الفصل في هذه الحالة فيما يأتى :

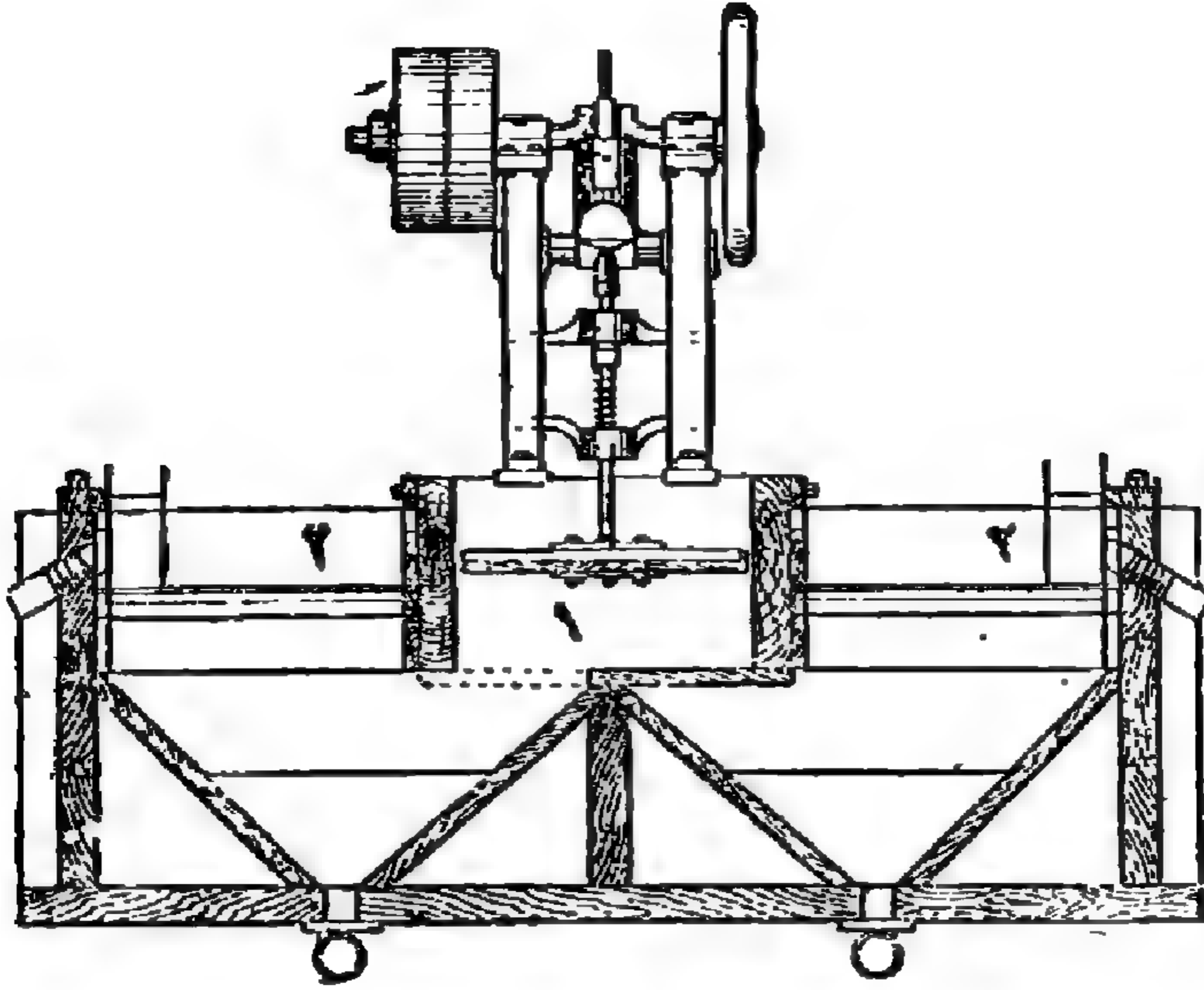
يكسر المعدن الغفل أولا إلى قطع مختلفة الأحجام بواسطة آلات متنوعة بعضها يشبه آلات تكسير زلط البازلت المستخدم فى رصف الشوارع فى البلاد المصرية وشكل (٢) يبين إحدى هذه الآلات . ثم يفرز كل حجم



(شكل ٢) آلة تكسير المعادن الغفلة

عن غيره بواسطة غرابيل خاصة تمهيدا لغسله . فالأحجام المتوسطة تغسل فى جهاز يعرف باسم الغربال المائى ، ويتركب من صناديق خشبية قليلة الارتفاع قاعها مصنوع من شبكة سلكية ذات ثقوب مناسبة . وهذه الصناديق إما أن تتحرك آليا حركة ترددية رأسية فى حوض من الماء وإما أن تثبت وتعطى الحركة الترددية للماء بواسطة بكاس شبيه بكاس الطلمبة المائية . فالحركة الترددية فى الحالتين تدفع الماء خلال الصناديق

إلى أعلى فيحمل معه الأخلاط اللامعدنية الخفيفة إلى السطح حيث تمكن إزالتها بسهولة وشكل (٣) يبين الغريال المائي ذا الكباس .

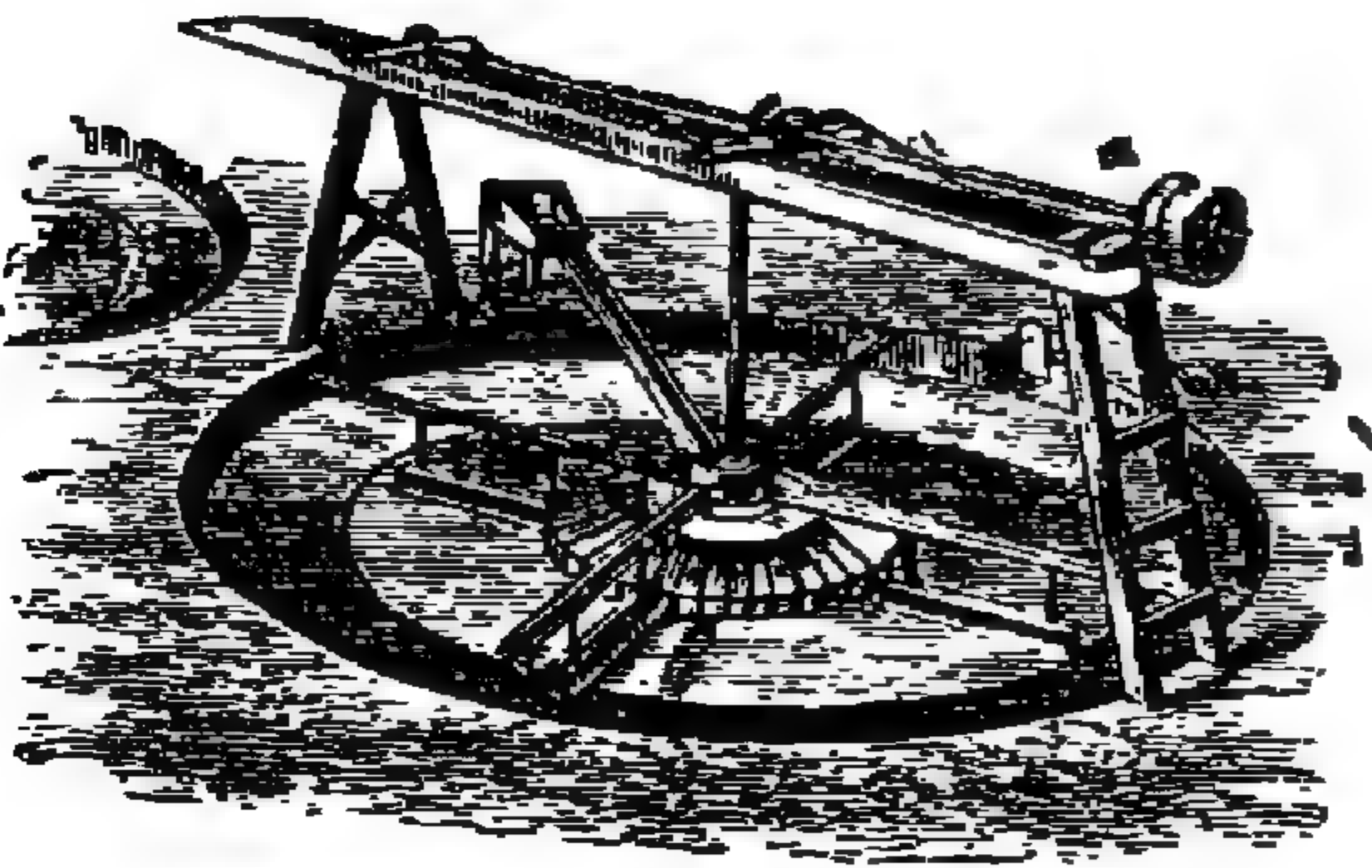


(شكل ٣)

الغريال المائي ذو الكباس

١ — الكباس ٢ — الصناديق

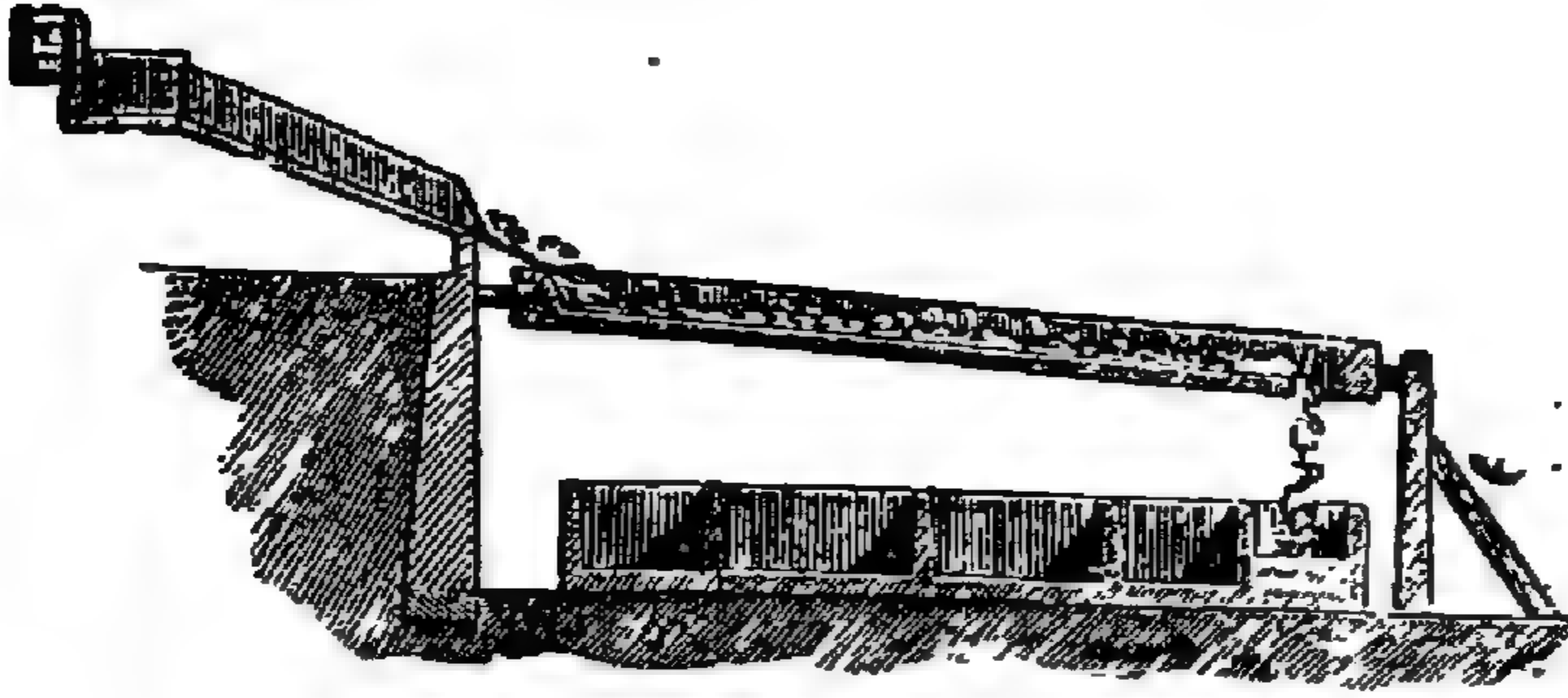
أما اذا كانت الأحجام صغيرة نوعا ما فانه يستعمل لغسلها جهاز الطبلية شكل (٤) وهو يتركب من طبلية مستديرة يتوسطها مخروط قليل الميل ، وتدور حول هذه الطبلية جملة أذرع تحمل فرشاً لفصل الأخلاط ، فيصب



(شكل ٤) جهاز الطبلية

المعدن الغفل ممزوجا بكثير من الماء على قمة المخروط أثناء دوران الفرش ويسلط عليه شؤبوب مستمر من الماء فتدحرج الأخلاط الى أسفل المخروط حيث تريحها الفرش بعيدا ويحملها تيار الماء معه .

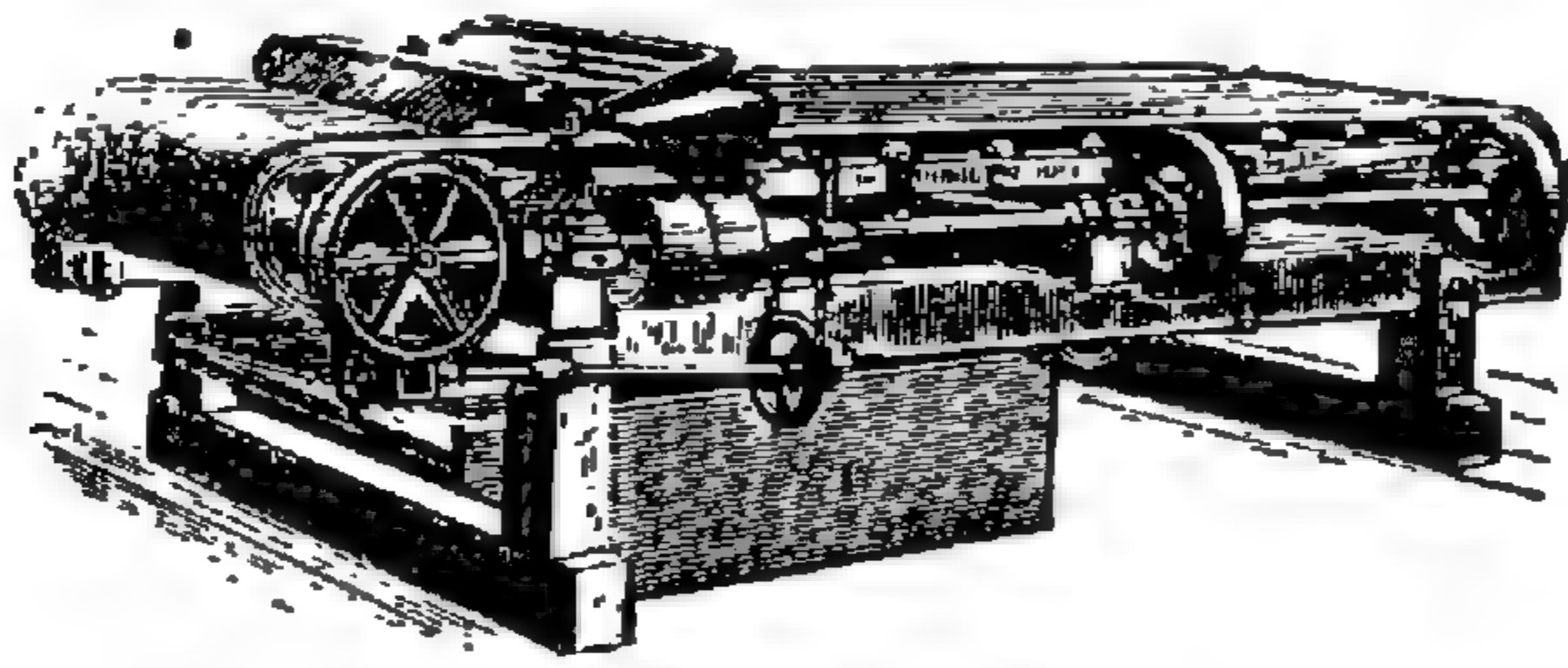
كذلك تغسل الأحجام الصغيرة في نوع من المجارى الخشبية المائية (شكل ٥) فتوضع قطع المعدن الغفل في الطرف المرتفع ويسلط عليها تيار ضعيف من الماء ، وفي الوقت نفسه تقلب بواسطة مجرفة فيحمل الماء معه المواد الخفيفة الى أمفل المجرى .



(شكل ٥)

المجارى الخشبية المائية

أما اذا كانت الأحجام صغيرة جدا فانه يستعمل لغسلها وفصلها من أخلاطها جهاز ذو سير لا نهائى كالمبين في (شكل ٦) . وهناك بعض عمليات



(شكل ٦)

غريال السير اللانهائى

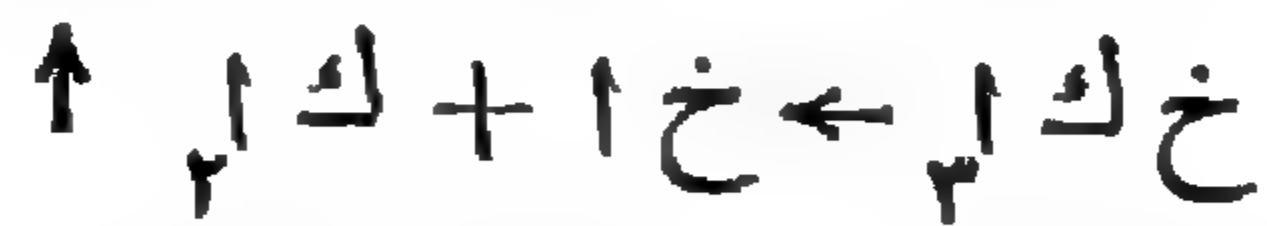
تجهيزية أخرى خاصة بكل معدن على حدة سنوفيهما حقها في الفصول الخاصة بها . واقتصادا في النفقات تجرى عمليات التجهيز بجوار المناجم ، وينقل المعدن الغفل بعد ذلك الى المناطق المعدة لصهره ولو أن بعض الأخلاط الالامعدنية ما تزال عالقة به .

التكليس — (١) تحتاج بعض المعادن الغفلة الى إجراء عملية أخرى عليها بعد تجهيزها تسمى عملية التكليس ، وتتلخص في تسخين المعدن الغفل ببطء على درجة حرارة أقل من درجة حرارة صهره وفي مورد غزير من الهواء ، وتجرى هذه العملية على الأخص في المعادن الغفلة التي تكون غير صالحة للصهر مباشرة بالحالة المستخرجة عليها من منجمها ، كأن تكون مثلاً محتوية على كبريت أو ماء أو كربون أو غير ذلك من المواد المتطايرة ، فالتحميص يؤكسد هذه المواد ويطردها فتخرج على شكل غازات ، وما يتبقى بعد ذلك من المعدن الغفل يكون صالحاً للصهر .

والغالب في المعادن الغفلة المفتقرة إلى التكليس أن تتحول عند تكليسها إلى أوكسيدات ، وهاك بعض الأمثلة على ذلك :

أنواع الكبريتيد يحترق منها الكبريت ويتصاعد على هيئة غاز ثاني أوكسيد الكبريت ، بينما يتحد المعدن في الوقت نفسه مع أوكسجين الهواء فيتحول إلى أوكسيد^(٢) وأنواع الكربونات تتحلل بالتحميص فيتصاعد منها غاز ثاني أوكسيد الكربون وما يتبقى بعد ذلك يكون أوكسيديداً . مثال ذلك :

كربونات الزنك بالتسخين = أوكسيد الزنك + غاز ثاني أوكسيد الكربون



وبعض أنواع الأكاسيد المنخفضة (أي المحتوية على نسب صغيرة من الأوكسجين) تتحول بالتكليس إلى أكاسيد عالية ، وهذا التحول مهم جداً

(١) ويسمى أيضاً التحميص .

(٢) قد يكون احتراق الكبريت جزئياً في بعض الأحيان فيتحول الكبريتيد إلى كبريتات .
مثال ذلك : كبريتيد الحديد والنحاس والزنك والرصاص والفضة فإنها تتحول كلها إلى كبريتات أثناء التحميص .

في صهر الحديد لأن الأكاسيد المنخفضة إن وضعت كما هي في أفران الصهر تفسدها ، كما تسبب ضياع جزء كبير من عنصر الحديد أثناء الصهر ، وعلى ذلك فجميع أكاسيد الحديد المنخفضة يلزم تكليسها قبل صهرها فيطراً عليها التحول الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية :



كربونات الحديد + أوكسجين = حديد مغناطيسي (أحد أكاسيد الحديد) + غاز ثاني أوكسيد الكربون .

وقد يؤخذ المعدن الغفل بعد تكليسه مباشرة إلى أفران الصهر أو قد تجري عليه بين عمليتي التكليس والصهر بعض عمليات تركيزه إلى كتل صغيرة غنية بالمعدن . مثلاً ييريطيس النحاس وهو مركب من النحاس والحديد والكبريت ويعتبر أهم معدن غفل لاستخلاص النحاس ، ويحتوى على نحو ١٢٪ منه أو أقل تجري عليه عملية التركيز فيتحول إلى كبريتيد النحاس الغني بالمعدن المذكور . كذلك النيكل والكوبلت يركز غفلاهما عادة على هيئة زرينجيد .

والحرارة اللازمة للتكليس تتولد إما من احتراق المواد القابلة للاشتعال الداخلة في تركيب المعدن الغفل كالكربون في الحديد الغفل الأسود ، والكبريت في بعض أنواع النحاس الغفل ، وإما بإضافة قليل من الوقود إلى المعدن الغفل أثناء تكليسه . وللتكليس مزايا كثيرة يتوقف عددها على نوع المعدن الغفل . لذلك سنرجى ذكر هذه المزايا إلى حين دراسة كل معدن على حدة .

الصهر — ويشمل جميع العمليات التي يستخلص بواسطتها المعدن من مركباته وبعض الأخطاط الباقية فيه بواسطة الصهر . وعمليات الصهر متعددة

وتختلف باختلاف المعادن كما تختلف للمعدن الواحد وسنأتى على ذكر هذه العمليات تفصيلا في مناسباتها .

الاختزال — ومعناه كيميائيا استخلاص المعدن من مركباته الكيميائية فاختزال الأكاسيد يكون بإضافة مواد كربونية عليها كفحم الخشب أو فحم الكوك أو الفحم الحجري ، وبتسخين الجميع يتحد كربون^(١) هذه المواد مع أوكسجين الأكاسيد مكونا أول أو ثانى أوكسيد الكربون تبعا لدرجة الحرارة التى يحصل عندها الاختزال ، ويعتبر أول أوكسيد الكربون عاملا مختزلا قويا لأنه يتحد مع أوكسجين الأوكسيد مكونا ثانى أوكسيد الكربون . كذلك يعتبر الأيدروجين عاملا مختزلا لأنه يختزل الأوكسيد مكونا بخار الماء .

وفي المركبات التى من أنواع الكبريتيد تستعمل للاختزال معادن أخرى أكثر شراهة للكبريت من المعدن المطلوب استخلاصه ، وبالتسخين تتحد تلك المعادن مع الكبريت وتترك المعدن الداخلى فى تركيب الكبريتيد حرا . مثال ذلك تسخين الحديد مع كبريتيد الرصاص فان الأول يختزل الثانى مكونا كبريتيد الحديد ورصاصا حرا . وقد يستعمل الهواء كعامل مختزل فمثلا كبريتيد الزئبق إذا سخن فى تيار من الهواء فان الكبريت يتحد مع الأوكسجين ويتصاعد على هيئة ثانى أوكسيد الكبريت ثم يتبخر الزئبق من تأثير الحرارة ويستقبل فى أوانى حيث يكثف .

مساعداً للصهر — هى مواد تضاف عادة إلى أفران الصهر مع المعادن الغفلة فاما أن تنصهر وتذيب الأخطاط المتنوعة العالقة بهذه المعادن واما أن تتحد كيميائيا مع هذه الأخطاط وتكون أوساخا قابلة للصهر فى درجة حرارة

(١) المادة الفعالة فى اختزال المركبات المعدنية وفصل المعدن عنها تسمى "العامل المختزل"

كالكربون فى هذا المثال .

الأفران المذكورة ، فتتحول هذه الأوساخ إلى سوائل يمكن إزالتها والتخلص منها بسهولة . مثلاً فلوريد الكالسيوم واسمه بالانجليزية Fluor-spar هو مساعد صهر من النوع الذى ينصهر ويذيب الأخطاط المكونة من فوسفات الجير وأشباهها ، أما الجير فهو مساعد صهر من النوع الذى يتحد كيميائياً مع الأخطاط الطفلية والرملية ويكون معها أوساخاً قابلة للصهر .

والأسباب الرئيسية التى تدعو لاستخدام مساعدات الصهر ترجع إلى أن الأخطاط العالقة بالمعادن الغفلة تحدث تأثيراً ضاراً أثناء استخلاص المعادن من غفلها . كأن تعيق تجمع المعدن بعد اختزاله أو تؤخر عملية الاختزال بالتفافها حول المعدن الغفل وحمايته نوعاً ما من فعل العامل المختزل أو تتحد كيميائياً مع المعدن فى درجات الحرارة العالية فتكون معه مركبات لا فائدة منها . لذلك كان من المحتم استخدام مساعدات صهر تستأصل هذه الأخطاط وتبعدها عن المعدن عند استخلاصه . ومساعدات الصهر التى تستخدم فى حالة ما تتوقف على التركيب الكيميائى للأخطاط الموجودة فى المعدن الغفل ومقدارها .

والأخطاط تنقسم عادة إلى قسمين :

أخطاط قاعدية مكونة من أوكسيدات أو كربونات بعض المعادن كحجر الجير والدولوميت الخ . وأخطاط حمضية مكونة من السليكا وبعض المركبات المحتوية عليها كالرمل (أوكسيد السليكون) والطفل (سليكات الألومنيوم) الخ . فالأخطاط الحمضية إن كانت من السليكا فقط فإنه يضاف عليها مساعد صهر من أوكسيد الحديد أو مساعد صهر مركب من الجير والألومينا والمغنيزيا . وإن كانت من الطفل فإنه يكتفى بمساعد صهر من الجير فقط . أما إن كانت الأخطاط قاعدية كأوكسيدات المعادن أو المركبات القاعدية فإنه يضاف إليها مساعد صهر من السليكا . وهناك بعض معادن غفلة تحتوى على أخطاط

قاعدية وأخلاط حمضية معا فتتحد هذه الأخلاط بعضها مع بعض أثناء عملية الصهر دون حاجة الى مساعد وتسمى " المعادن الغفلة ذات الانصهار الذاتي " . وأشهر المواد المستخدمة كمساعدات للصهر هي الآتية :

المادة	صفاتها الكيميائية	اسمها الكيميائي
الجير	قاعدية	أكسيد الكالسيوم
حجر الجير	»	كربونات الكالسيوم
الحجر الجيري	»	كربونات الكالسيوم والمغنسيوم
الألومينا	»	أكسيد الألومنيوم
الطفل	حامضية	سليكات الألومنيوم
الرمل والكوارتز	»	أكسيد السيليكون
أكسيد الحديد	قاعدية	أكسيد الحديد
فلوريد الكالسيوم	»	فلوريد الكالسيوم

الخبث — الأوساخ السابق ذكرها الناتجة من اتحاد مساعدات الصهر بالأخلاط الأرضية العالقة بالمعادن الغفلة أثناء صهرها تسمى في العادة خبثا وتتألف في الغالب من خليط من أنواع مختلفة من السليكات ، وعلى ذلك تشترك لحد ما مع الزجاج في خصائصه وشكله لكن يختلف مظهرها باختلاف تركيبها ومعدل تبريدها . فالتبريد السريع يكسبها مظهرا زجاجيا والتبريد البطيء يعطيها مظهرا حجريا ، وإذا تطايرت منها غازات أثناء تجمدها فانها تصير كالاسفنجة مملوءة بالمسام ولهذا السبب يطلق عليها المصريون لفظ "جلخ" .

الهشاشة على البارد — هي عيب يتولد في بعض المعادن من جراء وجود بعض مواد غريبة فيها ، ويتسبب عنه حصول تفتت أو تشقق في أطراف هذه المعادن عند طرقها أو امرارها في آلات الجللخ وهي باردة ، لكن

هذا العيب لا يظهر في الغالب في هذه المعادن وهي ساخنة ، فالفسفور والسليكون والانتيمون والزرنيخ تحدث هذا العيب في الحديد الخام والصلب لكن الفوسفور هو أكبرها أثرا .

الهشاشة على الساخن — هي عيب يتولد أيضا في بعض المعادن ويتسبب عنه حصول تفتت أو تشقق في أطراف هذه المعادن عند طرقها أو إمساكها في آلات الجلف وهي ساخنة في درجة الاحمرار أو ما فوقه ، لكنه لا يظهر في هذه المعادن وهي باردة إلا نادرا . وينشأ هذا العيب غالبا في المعادن من وجود نسبة من الكبريت فيها أكثر من اللازم ، غير أن النحاس والانتيمون والفضة والكسيوم قد تحدث نفس الأثر الذي يحدثه الكبريت .

الأفران المستخدمة في معالجة المعادن — توجد أنواع عديدة جدا من هذه الأفران يختلف بعضها عن بعض اختلافا بينا في الشكل والطرز والتصميم ونوع العمل الذي تؤديه حتى يصعب تقسيم هذه الأفران بدقة الى أقسام معينة وضم كل طائفة منها تحت قسم خاص ، لكن تسهيلا للأمر يمكن على وجه التقريب فقط اطلاق اسم خاص على كل طائفة منها تجمع بين وحداتها أوجه شبه متمثلة أو بعض خصائص مشتركة ، مثلا يمكن تقسيم هذه الأفران الى ثلاثة طوائف تبعا لنوع الوقود المستخدم فيها كما يأتي :

(١) أفران تستخدم الوقود الصلب وهي أهم الثلاثة .

(٢) » » » الغازي وتلى الأولى في الأهمية .

(٣) » » » السائل وهي أقل الثلاثة أهمية .

كذلك يمكن تقسيم أفران الطائفة الأولى الى ثلاثة أقسام كل قسم منها يشمل نوعين أو ثلاث كما يأتي :

(١) الأفران التي يختلط فيها الوقود أو يتماس مع المواد المطلوب معالجتها وهذه تشمل :

(١) القمائن — وهي أفران ارتفاعها أعظم كثيرا من قطرها ولا يستخدم فيها تيار هواء صناعي ولا تنصهر فيها المواد المطلوبة معالجتها .

(٢) الأفران العالية — وارتفاعها أعظم كثيرا من قطرها ، لكن يستخدم فيها تيار هواء صناعي وتنصهر فيها المواد .

(٣) الأفران الواطئة — وهي أفران منخفضة لا يزيد ارتفاعها كثيرا عن قطرها . وبعض أنواعها يستعمل لتسخين المواد والبعض الآخر لصهرها .

(ب) الأفران التي لا يختلط فيها الوقود ولا يتماس مع المواد المطلوب معالجتها بل يوضع بعيدا عنها ويتماس فقط مع الغازات الملتهبة الناتجة من احتراق الوقود وتسمى الأفران العاكسة وتشمل :

(١) أفران التخميص — وتسخن فيها المواد فقط ولا تنصهر ، ومرفد المعدن فيها إما أن يكون ثابتا وإما دوارا .

(٢) أفران الصهر — وتنصهر فيها المواد .

(ج) الأفران التي لا تختلط فيها المواد المطلوبة معالجتها بالوقود ولا تماس به أو بالغازات الملتهبة الناتجة من احتراقه وتشمل ما يأتي :

(١) الأفران المستورة — وغرف تسخين المعادن فيها مثبتة بها بجزء منها .

(٢) أفران البواشق — » » » عبارة عن بواشق متحركة مستقلة عنها .

(٣) أفران التقطير — وفيها تتبخر المواد المطلوب معالجتها وتصعد على هيئة أبخرة وهناك غير ما ذكر أنواع أخرى كثيرة مثل أفران الترجيع الحرارى والأفران الميكانيكية والأفران الكهربائية ، وسنشرح جميع أنواع الأفران بالتفصيل كلا منها فى موضعه ومناسباته فى الفصول الآتية .

أجهزة قياس الحرارة — تقاس درجات الحرارة المنخفضة بواسطة الترمومترات المألوفة لنا . وهذه الترمومترات تقرأ لغاية 300° مئوية ، فان زادت درجة الحرارة عن ذلك تستعمل ترمومترات خاصة تملأ أفاينها ببعض غازات تمنع الزئبق من الغليان وتقرأ لغاية 500° مئوية تقريبا . لكن درجات الحرارة التى تزيد عن 500° مئوية لا يمكن قراءتها بواسطة الترمومترات قط بل تقرأ بواسطة أجهزة تسمى بيرومترات . وهذه البيرومترات تستعمل بكثرة فى تنظيم وقراءة درجات حرارة أغلب الأفران المستخدمة فى تسخين الصلب توطئة لطرقه أو تقسيته أو تخميره الخ .

وأشهر أنواع البيرومترات هى :

بيرومتر سيمتزدو المقاومة الكهربائية — وهو مبنى على النظرية الكهربائية التى تقر أن مقاومة الأسلاك لممر التيار الكهربائى تتناسب طرديا مع زيادة درجة حرارتها ، ويتركب هذا الجهاز من ملف مصنوع من أسلاك البلاتين أو غيرها من المعادن ، وموضوع داخل أنبوبة من الصينى أو الكوارتز المصهور ، وطرفا الملف متصلان بعداد ذى ميناء مقسم بحيث تقرأ درجات الحرارة بدلا من المقاومة . ويركب هذا الجهاز على الفرن بحيث يكون العداد بعيدا عنه ، ويكون الطرف المقفل لللف معرضا لحرارة الفرن الكاملة فتزداد حرارته أو تقل تبعا لحرارة الفرن ، ثم يسمح لتيار كهربائى بالمرور فى الملف فيصادف مقاومة لمروده تتناسب مع درجة حرارة الملف فيظهر أثر هذه المقاومة فى العداد المقسم بحيث يحول المقاومة إلى درجات حرارة .

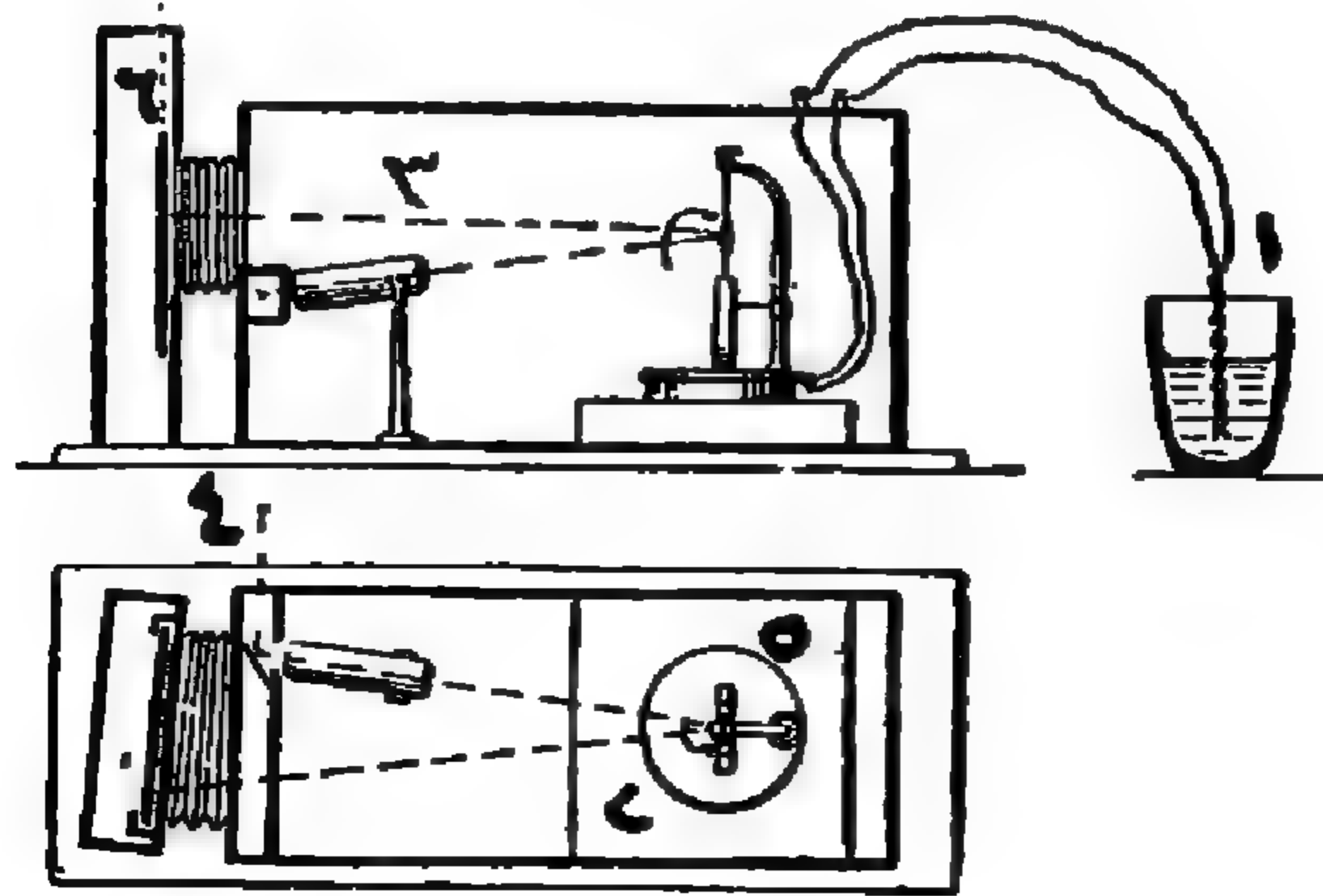
وهذا الجهاز يقرأ درجات الحرارة بدقة لغاية ١٠٠٠ ° مئوية .

البيرومتر الحرارى الكهربائى — وهو مبنى على النظرية الآتية :

إذا وصل طرف سلك بطرف سلك آخر من معدن مخالف له ثم ربطت نهايتاهما الحرتان بجلفانومتر فان هذا الجلفانومتر يسجل مرور تيار كهربائى منبعث بالسلكين إذا سخنت نقطة اتصالهما . وهذا التيار مع ضعفه يتناسب طرديا فى قوته مع درجة حرارة نقطة الاتصال .

ويتركب هذا الجهاز من سلكين مختلفين فى معدنهما وطرف أحدهما متصل بواسطة اللحام أو اللف مع طرف الآخر . ونقطة الاتصال مغلقة بغلاف واق من الكوارتز المصهور وموضوع داخل الفرن المطلوب قياس درجة حرارته . أما النهايتان الحرتان للسلكين فمربوطتان بجلفانومتر مقسم بحيث يقرأ درجات الحرارة بدلا من وحدات الكهرباء . فاذا ما سخن الفرن سجل الجلفانومتر درجة حرارته . وهذا الجهاز أقل من سابقه فى دقة قراءاته ويستعمل لقراءة درجات الحرارة إلى ١٧٠٠ ° مئوية .

ومن أحسن البيرومترات المبنية على هذه النظرية بيرومتر شاتليه ، وشكل (٧) يبين هذا البيرومتر بعد أن أدخل عليه بعض التحسينات .



(شكل ٧) بيرومتر شاتليه

وهو يتركب من سلكين أحدهما من البلاتين والصرف والثاني من سبيكة من البلاتين ومعدن الروديوم Rhodium ملتويين معا عند إحدى نهايتيهما الموضوعة في غلاف واق مصنوع من المواد الصلصالية كما هو مبين عند « ١ » . أما النهايتان الحرتان للسلكين فيدخلان في صندوق فوتوغرافى « ٣ » ويتصلان داخله بحلقانومتر « ٥ » ذى مرآة « ٢ » . فاذا وضعت نقطة اتصال السلكين « ١ » داخل فرن فان التيار الكهربائى المتولد فى السلكين يحرك مرآة الحلقانومتر « ٢ » حركة زاوية تتناسب فى مقدارها مع درجة حرارة الفرن . ولقياس هذه الحركة يسلط شعاع صادر من مصباح « ٤ » يشتعل بالأ كسجين والايديروجين ، فهذا الشعاع يقع أولا على مرآة تتوسط بين الحلقانومتر والمصباح فينعكس منها على مرآة الحلقانومتر « ٢ » ثم ينعكس من الأخيرة على اللوحة « ٦ » المقسمة الى درجات حرارة . فاذا ما تحركت مرآة الحلقانومتر تبعا لدرجة حرارة الفرن فان الشعاع يتحرك أفقيا على هذه اللوحة « ٦ » فيمكن من ذلك قراءة درجة الحرارة . ولا يقتصر استعمال هذا الجهاز على قراءة درجة الحرارة فقط بل يستعمل لتسجيل درجات الحرارة المختلفة فى الفرن فى مدة معينة . ولذلك تركيب عليه مجموعة تروس الساعة لتحرك اللوحة « ٦ » حركة رأسية . فاذا وضع بدلا من « ٦ » لوحة فوتوغرافية حساسة فانه يرسم عليها منحن بيانى يبين تغير درجات الحرارة فى الفرن مع الزمن .

البيرومتر الاشعاعى — وهو يشبه الجهاز السابق فى تركيبه وطريقة تسجيله لدرجات الحرارة ولا يختلف عنه إلا فى كونه يوضع كله بعيدا عن الفرن . وتسقط الحرارة عليه بواسطة مرآة مقعرة تجمع أشعة الحرارة من الفرن ثم تعكسها على نقطة اتصال السلكين فتولد فيهما التيار الكهربائى الذى يمر بالحلقانومتر .

البيرومتر الضوئي — ويوضع أيضا بعيدا عن الفرن . ونظريته مبنية على المقارنة بين لون الضوء الصادر من أية مادة متوهجة وبين لون شعاع مماثل صادر من مصباح كهربائي قياسي . ويتركب الجهاز من مصباح كهربائي موضوع داخل منظار ، والمنظار مجهز بأداة منظمة يمكن بواسطتها زيادة تيار الكهرباء المسار بالمصباح أو تنقيصه ، فترداد أو تنقص قوة اضاءة المصباح تبعا لذلك ، وللمنظار زجاجة حمراء في نهايته ينظر خلالها الرائي حتى لا تتأثر عينه من شدة الضوء . فاذا ما أريد معرفة درجة حرارة فرن أو كتلة متوهجة من الصلب يحرك الجهاز المنظم في المنظار حتى يتساوى لون الشعاع الضوئي الصادر من المصباح بلون الضوء الصادر من الفرن أو الكتلة المتوهجة وعندئذ يقرأ العداد فتكون قراءته هي درجة الحرارة المطلوب معرفتها .

وهذا البيرومتر مفيد جدا لاسيما لقراءة درجات حرارة ككل الصلب عند خروجها من الأفران أو بعد طرقها . وهو يستعمل بكثرة لسهولة ولا مكان اعداده للعمل في وقت قصير جدا .

المواد الصلصالية — تؤثر الحرارة على معظم المواد فتحيلها من الصلابة للسيولة ومنها للحالة الغازية كما انها تغير التركيب الكيميائي لهذه المواد مع وجود عوامل أخرى . والمعادن أشد من غيرها تأثرا بالحرارة لذلك لا تصلح لأن تصنع منها الأفران أو الأواني اللازمة للصهر . الا أن هناك موادا أخرى لا تتأثر بالحرارة مهما ارتفعت درجاتها فلا تستحيل من حالة الى أخرى كما أنها لا تغير تركيبها الكيميائي ، مثال ذلك الطين العادي ومعظم تركيبه الكيميائي هو سليكات الألومنيوم فان جل ما تفعله الحرارة فيه أن تحيله من مادة صلبة الى مادة أصلب بينما يظل تركيبه الكيميائي كما هو سليكات الألومنيوم ، فأمثال هذا الطين يطلق عليها اسم المواد الصلصالية وتعرف بأنها المواد التي تتحمل

الحرارة الشديدة وفي الوقت نفسه تقاوم عوامل التآكل من جراء ملامستها للمواد الآكلة داخل الأفران .

وتستخدم المواد الصلصالة عادة في صنع البوادر وفي بناء الأفران وتبطينها وغير ذلك ، ويوجد منها في الطبيعة أنواع كثيرة ، لكن ما يصلح منها في استخلاص المعادن قليل ، ويمكن تقسيمها حسب مسلكها الكيميائي الى ثلاثة أقسام وهي :

١ — مواد حامضية — ويدخل السليكا (الرمل) في تركيبها بنسب كبيرة وتشمل جميع المواد الطفلية والرملية تقريبا ، ومواد هذا القسم تتحد بسهولة مع الأكاسيد القاعدية (أى المعدنية) في درجات الحرارة المرتفعة وتكون معها مركبات قابلة للانصهار ، وعلى ذلك لا تصلح إذا كانت ستعرض للحرارة مدة طويلة في حضرة معدن ، كذلك لا تصلح لتبطين محولات بسمر ولا الأفران الواطئة المفتوحة اذا كان الزهر الخام المطلوب تحويله الى صلب في هذه الأفران يحتوي على فوسفور لأنها لا تستأصل الفوسفور منه ، وأهم أنواع هذا القسم هي :

(١) الطين الحرارى — وهو أهم الأنواع وأكثرها استعمالا ، وهو عبارة عن سليكات الألومنيوم المائي أى أنه يتركب من ألومينا (أكسيد الألومنيوم) وسليكا وماء وقد يحتوي أحيانا على كميات بسيطة من الجير والمغنيزيا والصودا والبوتاس وأوكسيد الحديد . وهذا الطين لا ينصهر عند تعرضه لحرارة الأفران . وطريقة استعماله أن يعجن أولا ثم يشكل للأشكال المطلوبة وبعد ذلك يحرق فيفقد الماء الداخلى في تركيبه الكيميائي ويحول الى جسم صلب كالغبار يقاوم الحرارة ويمتص الماء دون أن يرجع الى حالته الأصلية التي كان

عليها في الطبيعة . وأكبر عيوبه أنه عند حرقه ينكش ، لذلك يراعى عند صنع قوالب أو ألواح أو كتل منه أن يجعل حجمها أكبر قليلا بقدر النسبة التي ينكشها . وهو لا يصلح لصنع البوادر أو ما شاكلها لأنها عند انكماشها وقت حرقها إما أن تنكسروا ما أن تتشوه . ولمعالجة ذلك تضاف عليه بعض المواد التي تتمدد من تسخينها كفحم الكوك أو الجرافيت أو الرمل أو الصوان الخ . والقوالب الحرارية التي تصنع من هذا الطين يلزم أن تكون قوية ومنبطقة الحجم .

(ب) الجانستر — وهو نوع من الحجر الرملى حبيباته ملتصقة بعضها ببعض بواسطة مادة طفلية ، وعلى ذلك إذا سحق ثم بل بالماء وضغط فانه يماسك جيدا . وأهم خصائصه أنه لا يتمدد ولا ينكش عند حرقه ويستخدم كثيرا في تبطين أفران البوادر ومحولات بسمر .

(ح) الرمل — ويستعمل على الأخص في بطانة فرش الأفران الواطئة المفتوحة الخاصة بصناعة الصلب وكذلك في أفران النحاس لأنه أثناء استعماله يتشرب الأوكسيدات المعدنية فيكون بطانة متينة تعمر طويلا .

٢ — مواد قاعدية — وتتكون على الأخص من أكاسيد المعادن ذات الخواص الصلصالة وهي تقاوم فعل المعادن لكنها تتفاعل بسهولة مع السليكا في درجات الحرارة العالية . وأهم أنواع هذا القسم هي :

(١) الجير — وعند تعريضه للجو يمتص الرطوبة منه ويتفتت وعلى ذلك فاستعماله محدود ، ويستخدم عادة في صنع القوالب اللازمة لصهر البلاتين بلهب الأوكسى ايدروجين .

(ب) المغنيزيا — وهي أوكسيد المغنزيوم ويحصل عليها بتكليس المغنيزايت (كربونات المغنزيوم) وهي لا تمتص الرطوبة لكن قوة تماسكها ضعيفة، لذلك تخطط ببعض مواد تكسيبها هذه الخاصية. وتستخدم عادة في تبطين الأفران الواطئة المفتوحة ومحولات بسمر لصنع الصلب القاعدي وكذلك في الأفران الكهربائية.

(ج) الدولوميت — وهو عبارة عن خليط من حجر الجير (كربونات الكالسيوم والمغنزيوم). وعند تكليسه على درجة حرارة مرتفعة يطرد منه ثاني أوكسيد الكربون ويتبقى بعد ذلك خليط من الجير وأوكسيد المغنزيوم لا يتأثر برطوبة الجو ويصلح للاستعمال كبطانة قاعدية مثل المغنيزيا تماما.

ويتم التكليس لهذا النوع من الحجر على درجة حرارة مرتفعة تقرب من درجة حرارة صهر الزهر حتى يكون انكماشه تاما قبل استخدامه في عمل بطانات الأفران. والتكليس يفقده ٥٠ في المائة من وزنه وحجمه الطبيعيين، ولهذا السبب فهو من أصلح المواد الصلصلة لبطانة الأفران، وبالنسبة لأن قوة تماسكه ضعيفة فانه يمزج ببعض المواد اللزجة كالقطران بنسبة ١٥ في المائة وتبطن الأفران بهذا المزيج بدكه فيها بواسطة مدكات ساخنة.

٣ — مواد متعادلة — وهي التي تتعادل فيها المواد الحمضية والمواد القاعدية بحيث لا تتحد مع السليكا ولا مع الأكاسيد المعدنية. وأهم هذه المواد الجرافيت والكروميت (أي الحديد الغفل الكرومي).

الفصل الثالث

الوقود

يمكن القول اجمالاً أن الكربون والهيدروجين هما العنصران اللذان يدخلان بأكثر نسبة في تركيب معظم أنواع الوقود وينقسم الوقود الى ثلاثة أقسام : — (١) الوقود الصلب (٢) الوقود السائل (٣) الوقود الغازى .
وينقسم كل من هذه الأقسام الى قسمين : (أ) وقود طبيعى (ب) وقود محضّر .

فمثلا الفحم الحجري هو وقود صلب طبيعى ، أما الفحم الكوك والفحم النباتى (فحم الخشب) فهما وقودان صلبان محضران . كذلك زيت البترول الغل فهو وقود سائل طبيعى أما البترين فوقود سائل محضر من الأول . وبالمثل الكحول (الاسبرتو) فهو وقود سائل محضر من بعض النباتات بالتقطير . وفي بعض بقاع الأرض تخرج غازات مثل (غاز المستنقعات) قابلة للاشتعال فهذه تعتبر وقودا غازيا طبيعيا أما غاز المدن (غاز الاستصباح) فهو وقود غازى محضر من الفحم الحجري .

ولما كان الفحم هو أهم وقود مستخدم في استخلاص المعادن من غفلها فسنوفيه بعضا من حقه في الشرح . أما بقية أنواع الوقود فخارجة عن موضوع كتابنا هذا ولذا سنضرب عنها صفحا .

وينقسم الفحم الى نوعين :

(١) فحم طبيعي وهو المستخرج من باطن الأرض .

(٢) فحم محضر وهو الفحم الكوك والفحم النباتي ، ويحضر الفحم الكوك من الفحم الحجري ، ويحضر الفحم النباتي من خشب الأشجار .

الفحم الحجري — أطلق عليه هذا الاسم لتعديته من باطن الأرض ولتشابه ككله بعد قطعها بالكل الحجرية . والأصل في تكوين الفحم الحجري هي النباتات التي نمت في العهود البعيدة جدا ثم طمستها عوامل طبيعية فغارت في جوف الأرض ثم تحولت بالتدريج وفقدت كل خصائصها الطبيعية والكيميائية الأصلية حتى أنه يصعب عند التحليل الكيميائي تبيين أصلها النباتي اذ أن مرور الزمن عليها جعلها تتبادل مع الأرض بعض العناصر .

ويوجد الفحم في مساحات واسعة في باطن الأرض أصلها غابات نامية ماتت بتكاثرها وغاصت في أديم الأرض ثم طمستها السواقي وطمغى عليها الماء فاكتست بالمواد الطينية ثم دب فيها البلى تدريجيا حتى أصاب الفناء أطرافها . أما أصولها فتحولت تدريجيا بتحللها وامتصاصها من عناصر الأرض الى كتل من الفحم الحجري ، ومن الغريب أن تلك الكتل مع كثرة ضغط الأرض عليها حافظت على شكلها حتى أنه يمكن بسهولة تمييز جذع الشجرة وفروعها بالرغم من تحولها الى فحم حجري .

وفي كثير من الأحيان نمت غابات على بقعة واحدة من الأرض ثم طمست فيها وتمرور الزمن تكونت فوق تلك الغابات المطموسة طبقات من

الأرض بعضها مكون من حجارة رملية وطمى ثم نمت على أديمها غابات أخرى وانطمست تلك الغابات بدورها وتحولت فحما . وقد تتكرر حالة النمو والانطماش عدة مرات فيصبح مقطع الأرض طبقات من الغابات المطموسة يعلو بعضها بعضا وتفصلها طبقات أرضية أو حجرية .

ويوجد الفحم موزعا في باطن الأرض في كثير من الممالك نخص بالذكر منها أهمها وهى الولايات المتحدة وانبجلترا وفرنسا وألمانيا وبلجيكا واسبانيا والصين . والآخرى هى أغنى بقاع الأرض جميعا فى الفحم الا أن مناجمها لم تستغل بحالة اقتصادية بعد .

ويستخرج الفحم من مناجمه بفحراآبار عميقة رأسية تتفرع منها سراديب متعددة تمتد الى مسافات بعيدة وتجرى فيها خطوط حديدية ضيقة تسير عليها عربات تجرها البغال غالبا . وتركب فى هذه السراديب الطلمبات اللازمة لرفع الماء الذى يرشح اليها نظرا لعمقها ثم تجهز بوسائل ضافية للتهوية لامداد العمال بما يلزمهم من الهواء الجوى الصالح للتنفس وفى الوقت نفسه لطرد الغازات السامة المتولدة والغازات القابلة للاشتعال كغاز المستنقعات . وكثيرا ما نسمع عن حوادث مروعة فى المناجم من أحد هذه الأسباب المتقدمة أو من ارتفاع درجة الحرارة فى باطن الأرض .

ويقطع الفحم الحجري من مناجمه بواسطة أجنات طويلة تستغل بالهواء المضغوط أو بالكهرباء . وهذه الطريقة استخدمت حديثا لزيادة الانتاج والاقتصاد ومن جهة أخرى لقطع ككل الفحم صحيحة فيقل التالف والمتخلف . وقد أمكن بهذه الأجنات قطع ككل الى عمق سبعة أقدام . وبعد قطع الفحم يشحن فى العربات الى قاع البئر حيث توضع العربات فى مصعد كبير يدفعها الى سطح الأرض .

وينقسم الفحم الحجري الى أربعة أنواع وهى :

(١) الفحم البنى (اللجنائيت) Lignite

(٢) الفحم البتيومينى Bituminous coal

(٣) الفحم الاتراسيت Anthracite

(٤) الفحم اللهبى Cannel coal

الفحم البنى — (اللجنائيت) — هذا النوع من الفحم ناتج من غابات طمست فى عهود ليست بعيدة ولما تحول كليا الى فحم بتيومينى ولذا فهو وسط فى تركيبه بين الفحم البتيومينى والخشب . وهو موزع فى أوروبا بكثرة ويوجد فى أخاديد الصخور ومنه أنواع عديدة أهمها :

(١) الخشب البتيومينى لونه بنى ويظهر عليه أثرين من أصله النباتى .

(ب) الفحم البنى وهو أصلب من الأول دقيق التكوين ويظهر عليه أثر غير واضح من أصل تكوينه النباتى .

(ج) الفحم القارى (الزفتى) Pitch coal لونه بنى ضارب للسواد أو أسود . مكسره قائم أو لامع . لا تظهر عليه آثار تكوينه النباتى .

وعموما ، فان الفحم البنى (اللجنائيت) يحتوى على نسبة كبيرة من الرطوبة عقب تعدينه مباشرة ويحترق بلهب دخانى طويل . فقير فى سعره الحرارى ولا يستخدم فى صناعة المعادن الا فى الضرورات القصوى .

الفحم البتيومينى — لونه فى الغالب أسود ولو أن القليل منه ذو لون بنى ، يترك أثرا على اليد عند ملامسته ، يحترق بلهب أصفر وضاء مصحوب بدخان ، وعند سحقه وتسخينه فى معوجة بمعزل عن الهواء تخرج منه غازات

وأبخرة سوائل ويتبقى في المعوجة بعد ذلك مادة صلبة هي فحم الكوك .
وينقسم الفحم البتيوميني تبعا للكوك الناتج منه الى قسمين :

(١) الفحم العجيني Caking Coal — ويتحول عند تسخينه الى مادة
طرية فتتجمع أجزاؤه ويلتصق بعضها ببعض وتكون كتلة مندمجة
وعلى ذلك فالكوك الناتج منه يكون صلبا متماسكا لا يظهر فيه
شكل قطع الفحم الأصلية المتكون منها .

(ب) الفحم الصلب Non-Caking Coal — وهذا النوع لا يتغير كثيرا
في شكله عند تسخينه فلا يتحول الى مادة طرية ولا يتماسك
حتى أنه اذا سخن وهو على شكل مسحوق فإن الكوك الناتج منه
يظل على هذا الشكل .

كذلك ينقسم الفحم البتيوميني تبعا للأغراض التي يستخدم فيها الى أقسام
عديدة لكن يمكن من قبيل الحصر قصر هذه الأقسام على الأنواع الآتية :

(١) الفحم الصلب طويل اللهب Non-Caking Coal long flame —
ويحتوى على نسبة كبيرة من الأوكسيجين والهيدروجين . لونه أسود أو بني
ومظهره صلب متحجر . يستخدم في الأفران العالية في اسكلندا واستافوردشير
بانجلترا .

(٢) فحم الغاز — ويستخدم بكثرة في تحضير غاز الاستصباح . .

(٣) فحم الأفران — ويستخدم بكثرة في الأغراض العامة وبالأخص
في الاستعمالات المتزلية وقليلًا في تحضير غاز المدن وفي الأفران العاكسة
ولا يصلح وقودا في الأفران العالية لأنه عجيني النوع . ويترك حوالى ٧٥٪
من فحم الكوك .

(٤) الفحم الحجري الخاص بصناعة الكوك — وهو من النوع العجيني ينتفخ عند التسخين وتظهر عليه دلائل شبيهة بالانصهار ويترك نحو ٨٠٪ من وزنه فلما كوكا . ويستخدم في أفران المراحل وفي صناعة الكوك وفي أكوار الحدادة .

الفحم الاتراسيت — ويتكون من الغابات المطموسة من عهد بعيد جدا أى أنه أكثر في القدم من الفحم البتيوميني ويحتوى على ما يقرب من ٩٨٪ من الكربون وعند تسخينه في معوجة تخرج منه غازات قليلة جدا لذلك لا يصلح في صناعة الكوك . وهو صلب هش لامع يشبه المعدن في لمعانه ، صعب الاشتعال يحترق بدون لهب أو دخان ويعطى حرارة موضعية شديدة ويستعمل في محضرات الغاز لبعض محركات الاحتراق الداخلى .

الفحم اللهبى — يختلف هذا النوع اختلافا بينا عن الأنواع الأخرى في الخصائص والتركيب . لونه أسود قاتم يحترق بلهب وضاء طويل جدا أو بلهب دخانى طويل ومن ذلك اشتق اسمه . يحدث صوتا عند تسخينه . غنى جدا بغازاته ذات القدرة الكبيرة فى الإضاءة . والمواد المتخلفة منه عند تسخينه أغلبها رماد . ويستعمل بكثرة لتحضير الغازات .

بعض المواد الموجودة فى الفحم .

الماء — يستخرج الفحم من مناجمه متشبعا بكثير من مياه الأرض وعند تعريضه للجو يفقد كثيرا من هذه المياه .

الكبريت — يحتوى الفحم عادة على نسبة من الكبريت تختلف من ١/٢٪ الى ٣٪ ويوجد الكبريت بالفحم غالبا على هيئة ييريطيس الحديد (ح ك ب) فيكون على هيئة قشور بين طبقات الفحم وفى بعض الأحوال

يكون متجمعا على هيئة بقع موزعة بغير انتظام في قطع الفحم . وإذا كبرت نسبة البيريطيس فانه يستخدم في استخلاص الكبريت وحامض الكبريتيك لأن الكبريت غير مرغوب في وجوده بالفحم . ويوجد الكبريت أحيانا على هيئة كبريتات الكلسيوم (كا ك ب ١) ولا يضر استخدام الفحم المحتوى على هذه الكبريتات اذا استخرجت كما هي عند الاحتراق دون أن تتغير لكن اذا سخن هذا الفحم في حضرة كمية كبيرة من الكربون فانه يتحلل ويتخلف منه كبريتيد الكلسيوم الكبير الضرر، وعلى ذلك لا يستخدم الفحم المحتوى على كبريتات الكلسيوم في الأفران العالية نظرا لكثرة الكربون الموجود فيها . كذلك يوجد الكبريت في الفحم على هيئة مركبات عضوية . وعموما فان وجود الكبريت بكثرة غير مرغوب فيه عند استخدام الفحم في عمليات استخلاص المعادن .

الكور — ويوجد غالبا في الفحم ، وتجب العناية بفحص نوع الفحم المحتوى على الكور لأنه لا يمكن التحقق من وجوده في الرماد المتخلف من احتراق الفحم . ويوجد الكور على هيئة كلوريد الصوديوم الذى يتحلل بالسليكا عند احتراق الفحم مكونا حامض الكور دريك وهذا الأخير يؤثر على معدن النحاس فيجعله يتآكل بسرعة وعلى ذلك لا يصاح الفحم المحتوى على كلور للاستخدام في توليد البخار في المراحل ذات مواسير اللهب المصنوعة من النحاس الأحمر أو النحاس الأصفر . وبما أن وجود الكور لا ينتج عنه ضرر في عمليات استخلاص المعادن لذلك يمكن استخدام الفحم المحتوى عليه في هذا الغرض .

الفوسفور — ويوجد دائما في الفحم على هيئة فوسفات الكلسيوم وتظهر متخلفاته في رماد الفحم بنسبة تختلف من ٠,١٪ الى ١,٢٥٪

النيتروجين — ويوجد في جميع أنواع الفحم بنسب صغيرة ويكثر وجوده في الفحم ، طويل اللهب ويكاد ينعدم في الفحم الاتراسيت .

رماد الفحم — عند احتراق الفحم تتخلف منه مادة غير قابلة للاحتراق هي الرماد وتختلف نسبته من ١ ٪ الى ١٠ ٪ ويختلف رماد الفحم اختلافا كبيرا في تركيبه عن رماد الخشب . وفي الغالب يحتوي رماد الفحم على السليكا والألومينا وأوكسيد الحديد والحديد والمغنيزيا وحامض الكبريتيك وحامض الفوسفوريك .

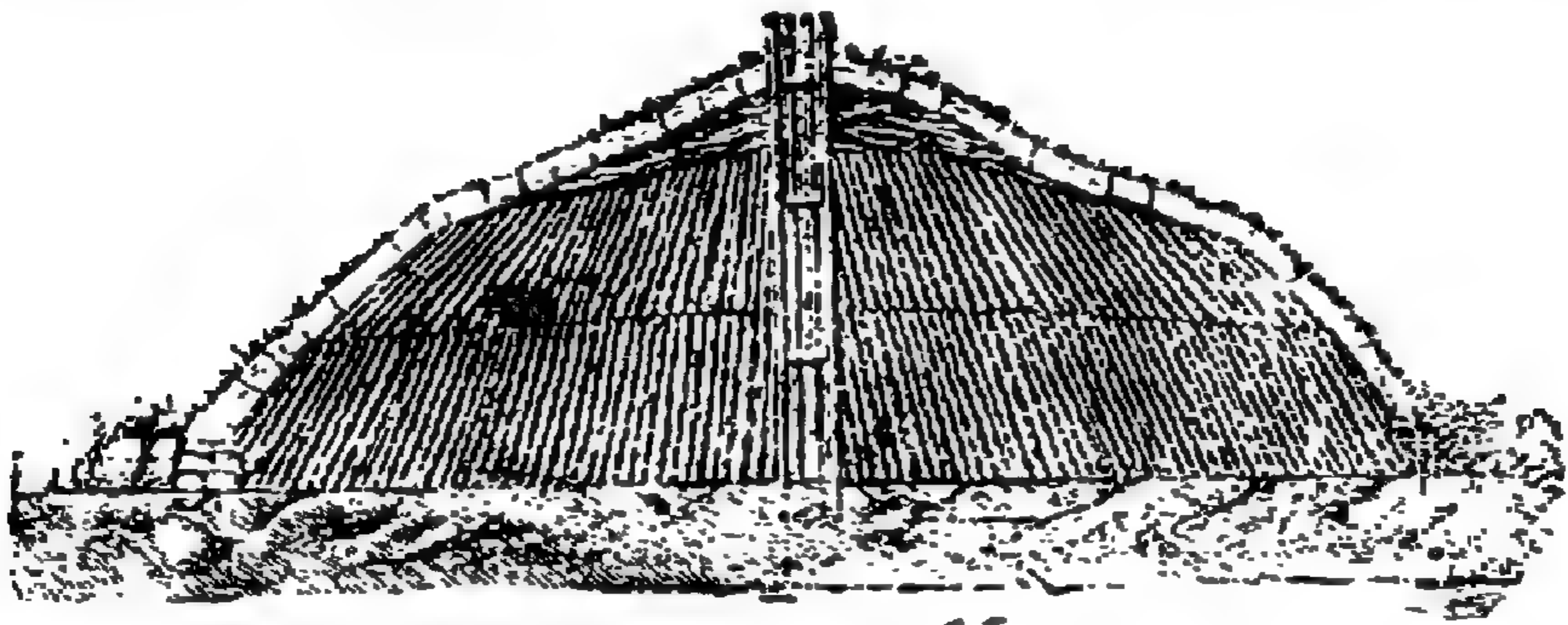
بعض العناصر الأخرى — وهناك عناصر أخرى غير ما ذكر توجد بنسب قليلة في الفحم وهي الزرنيخ والنحاس وجالينا الرصاص والزنك والفاناديوم .

الفحم النباتي — عند تسخين الخشب في معوجة بمعزل عن الهواء يترك حوالي ٢٦ ٪ من وزنه مادة سوداء غنية بالكربون تسمى الفحم النباتي أو فحم الخشب أو الفحم البلدي . فان سخنت نشارة الخشب فان الفحم المتخلف منها يكون على هيئة مسحوق أما اذا سخن الخشب قطعاً فان كل قطعة تحتفظ بشكلها حتى يمكن رؤية الحلقات السنوية للخشب فيها . وقد لعب هذا الفحم دوراً مهماً في استخلاص المعادن فيما مضى أما الآن فقد قلت أهميته .

خصائص الفحم النباتي — لونه أسود قاتم ويترك النوع الجيد منه أثراً ضئيلاً على اليد عند ملاسته أما النوع الغث فيترك أثراً واضحاً . يحترق بسهولة وببطء الى أن يتم احتراقه تاركاً رماداً . وأهم عنصر يحتويه هذا الفحم هو الكربون يليه الهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين ويحتوي على نحو ٩٥ ٪ كربون ٥ ٪ هيدروجين ١ ٪ أوكسجين ٣ ٪ رماد .

تحضير الفحم النباتى — يحضر هذا الفحم بحرق كمية من الأخشاب حرقاً غير تام كي يتحول الى مادة كربونية . وهناك عدة طرائق لحرق الخشب . وأقدمها عهداً هي طريقة الكومة وبيانها كما يأتى :

ترص الأخشاب متلاصقة على شكل كومة كما فى شكل (٨) فوق بقعة مستوية صلبة من الأرض غير معرضة للريح ، وفى وسط تلك البقعة تقام أولاً ثلاثة أعمدة يبلغ طول كل منها نحو سبعة أقدام وتوضع متباعدة بعضها عن

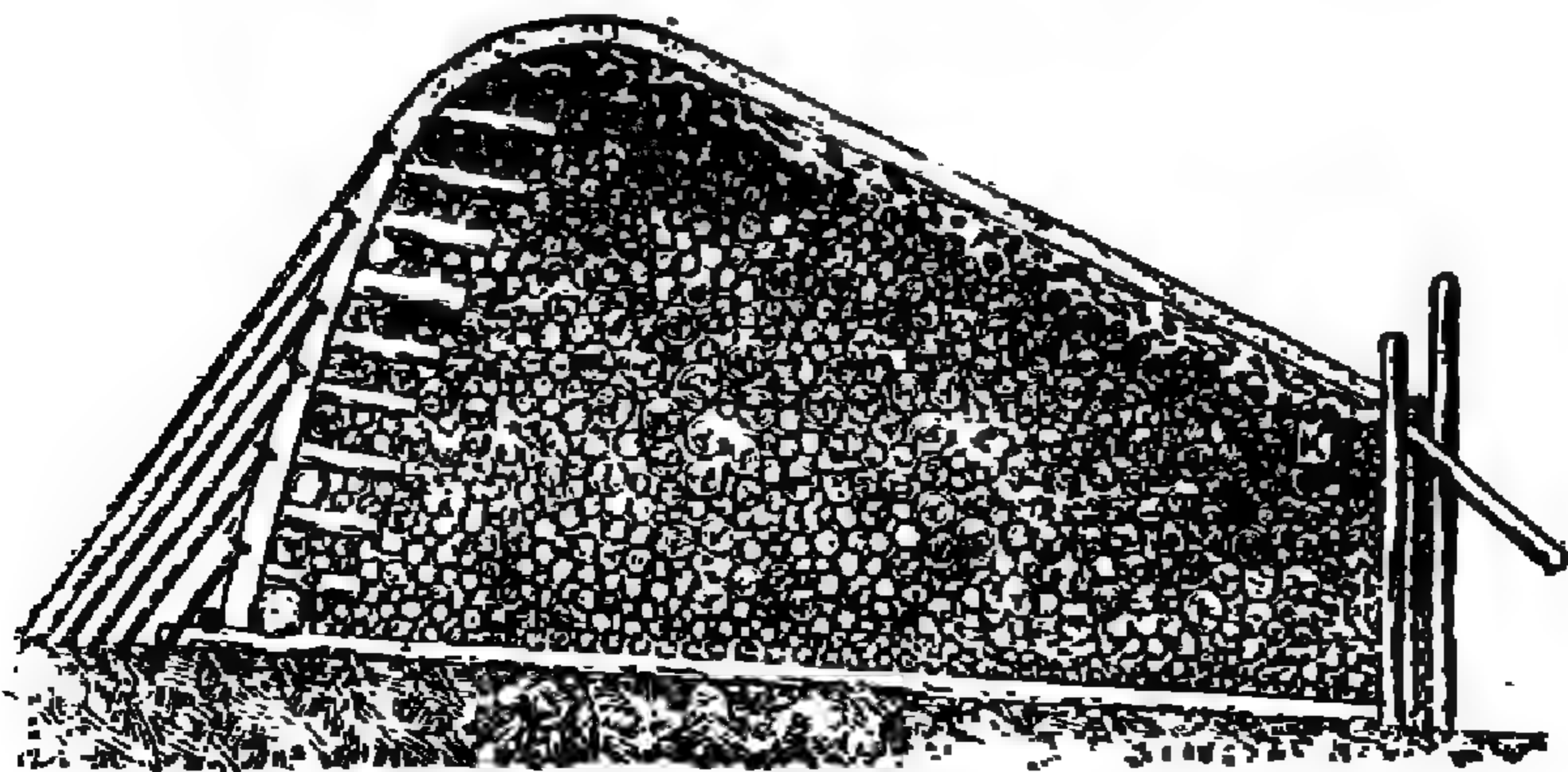


(شكل ٨) طريقة الكومة

بعض بقدر قدم واحد بحيث تعمل نهاياتها السفلى مثلثاً متساوى الأضلاع ، ثم تشد بعضها الى بعض بواسطة عوارض قصيرة من الخشب ويؤتى بعد ذلك بقطع من الخشب تبلغ طول الواحدة منها نحو ٢,٥ قدماً وترص حول الأعمدة حتى تكون معها شبه مدخنة ، وتجعل بينها ممرات لمرور الهواء . ومن الشكل يرى أن القطع الخشبية تقرب أن تكون على زاوية قائمة بالنسبة للأرض حول المدخنة ثم تميل تدريجياً عند محيط الكومة الذى يبلغ قطرها من ٥ الى ٦ أقدام . وتكون الأخشاب من طبقتين احدهما فوق الأخرى ثم يغطى السطح الخارجى للكومة بأحطاب صغيرة ومن فوقها الحشائش ويطلّى بمسحوق الفحم المندى بالماء حتى تكون الكومة بمعزل عن الهواء بقدر الامكان . ثم يملأ قلب الكومة بين الأعمدة بحطب جاف سهل الاحتراق ويشعل الحطب ثم يغذى بكمية أخرى الى أن يتقد قلب الكومة تماماً

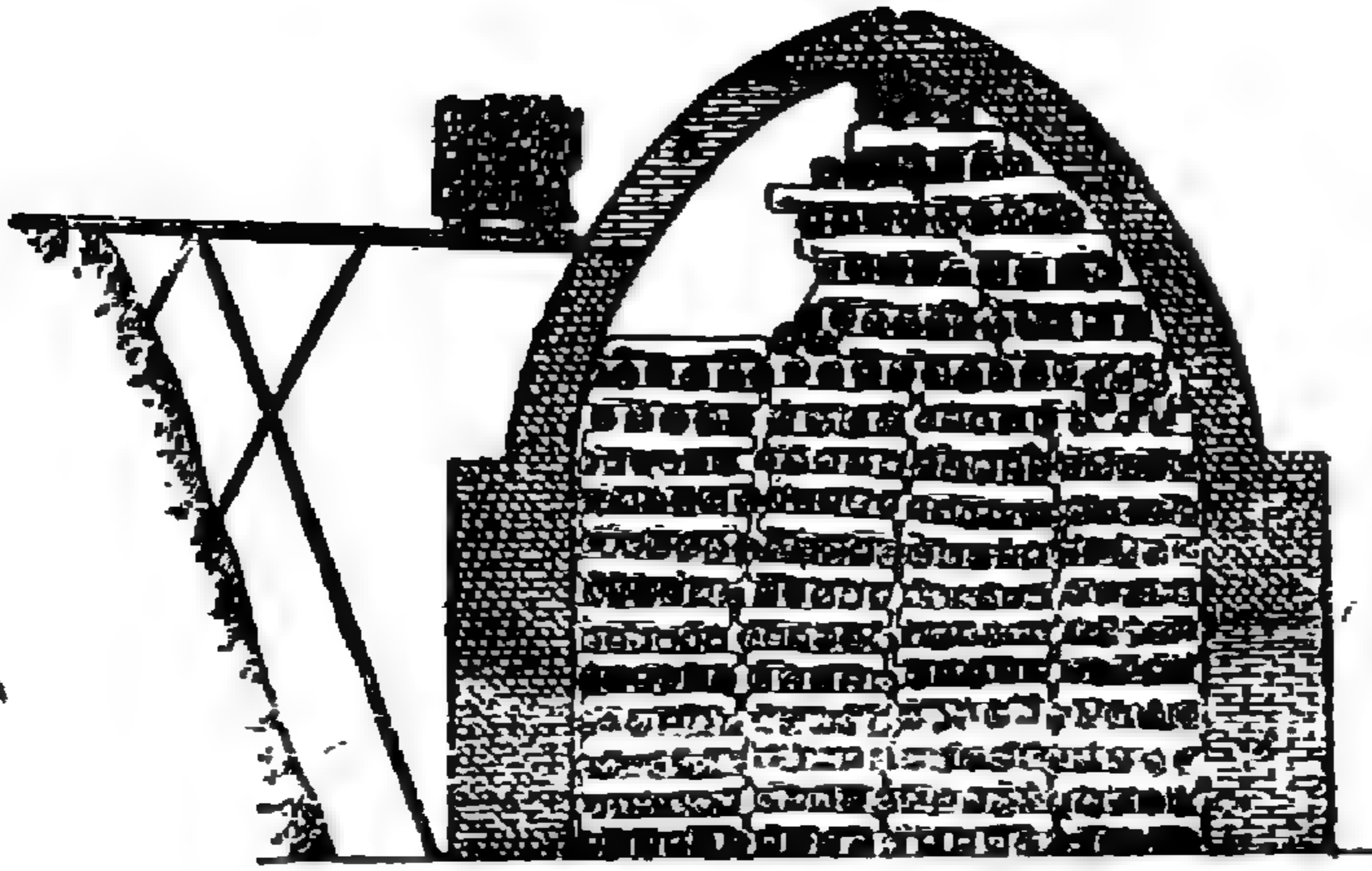
وعندها تقفل الفوهة العليا للدخنة بالحشائش والطين. ومتى تم توهج النار تحشى الأماكن التي قد تهبط من السطح الخارجى للكومة بالخطب وتطلى مرة أخرى بمسحوق الفحم المندى بالماء. وتجف الأخشاب بتأثير الحرارة المتولدة في قلب الكومة ويستحيل الماء منها بخارا يتكاثف مرة أخرى على السطح الداخلى للكومة ويطلق على هذا الدور دور العرق. ومتى تم هذا الدور تقفل منافذ الهواء السفلى بالطين والحشائش ثم تصلح الصدوع التي تظهر على السطح الخارجى للكومة وتترك مدة يومين أو ثلاثة وبعدها تفتح فتحات جانبية عند قاع الكومة ومثلها عند النهاية العليا للطبقة الأولى فيدخل الهواء من الفتحات السفلى ويخرج دخان من الفتحات العليا أصفر اللون يشحب لونه بعد وقت قصير الى أن يتلاشى، وعندئذ تسد الفتحات العليا ويفتح بدلا منها فتحات في مستوى أوطى منها فيتكرر ظهور الدخان ثم يتلاشى، وتكرر تلك العملية جملة مرات الى أن يتم التكرين فتسد جميع المنافذ وتترك الكومة يومين أو ثلاثة وبعدها ينزع السطح الخارجى ويسحب الفحم ويرش بالماء أو الرمل ويصبح صالحا للاستعمال. وفي العادة يرفع الفحم الناتج ليلا حتى يمكن عندئذ رؤية القطع التي تكون متقدة منه. وتستغرق عملية التفحيم من ١٠ الى ١٥ يوما.

وقد تطورت طريقة الكومة المخروطية السابقة واستعاض عنها بطريقة الكومة المستطيلة (شكل ٩) نظرا لسهولة سحب الفحم منها بعد تفحيمه،



(شكل ٩) الكومة المستطيلة

كما تطورت الطرائق مرة أخرى واستعملت قسائن خاصة تسمى القباين الأمريكية كما في (شكل ١٠) .



(شكل ١٠) القبة الأمريكية

الفحم الكوك — سبقت الإشارة الى أن بعض أنواع الفحم الحجري وبالأخص البتيوميني تخرج غازات عند تسخينها بمعزل من الهواء وتترك الفحم الكوك كمخلفات صلبة في قاع المعوجة كذلك تخرج أبخرة القطران والنشادر . ومن أجل تلك المحاصيل الثلاثة يقطر الفحم الحجري .

وفي كل منها توجه عناية خاصة للحصول الرئيسى الذى قُطِّرَ الفحم من أجله . ولما كان الفحم الكوك من أهم أنواع الوقود المستخدمة في استخلاص المعادن لذا تبذل عناية خاصة به عند تقطير الفحم .

خصائص الفحم الكوك — تتعلق الخصائص الطبيعية للفحم الكوك على نوع الفحم الحجري المستخرج منه وعلى الطريقة المتبعة في ذلك . وعموما فهناك نوعان من الفحم الكوك وهما :

- (١) الفحم الطرى ويستخدم في الأكوار أو ما شابهها كالأعمال المنزلية .
- (٢) والفحم المندج أو كوك الأفران وهو ما يستعمل خصيصا في الأفران العالية ودسوت المسابك .

والفحم الطرى أسود اللون كثير المسام سهل الاتقاد والتفتت لا يتحمل الضغوط الكبيرة . أما الفحم المندمج فصلب مندج ومتين ، يتحمل الضغوط الكبيرة دون أن يتفتت ، لا يتقد بسهولة وله صوت يشبه رنين المعدن عند طرقه . ويتعلق لون هذا الفحم على طريقة استخراجه فيختلف من الرمادى القاتم الى الأسود الداكن (المطفى) .

ولو أن الفحم الكوك ليس كربونا نقيا الا أنه غنى به جدا وتختلف كمية الكربون الموجودة فيه من ٨٥٪ الى ٩٥٪ . كذلك يحتوى على كمية من الأوكسجين والأيدروجين والنيتروجين والرماد ، وإن سخن بمغزل عن الهواء لا يفقد شيئا الا الرطوبة الموجودة به . وتحمل الأنواع الجيدة منه ضغطا يختلف من ٥٠٠ — ١٥٠٠ رطلا على البوصة المربعة في درجات الحرارة العادية . وتقل مقاومته كلما ارتفعت درجة حرارته .

ولما كانت معظم أنواع الفحم تحتوى على كمية من الكبريت فانها تفقد جزءا منه عند تحويلها الى فحم الكوك ويحتفظ الأخير بما يبقى منها ، ولذا فإن النسبة المئوية للكبريت فى الكوك أقل منها فى الفحم الحجري .

وينتخب الفحم الحجري الصالح لصناعة الكوك بحيث يعطى أكبر كمية من الكوك وأقل كمية من الحاصلات الأخرى ، كذلك تكون نسبة الكبريت فيه فى أدنى حدودها .

صنع الفحم الكوك — أول طريقه استخدمت فى صنع الكوك هى أن يحرق الفحم فى كومة تشبه تقريبا الطريقة المستعملة فى صنع الفحم النباتى (فحم الخشب) ، ولم تزل هذه الطريقة مستخدمة فى بعض البلاد للآن .

ويفضل بعض مستخلصي المعادن الفحم الكوك المستخرج بهذه الطريقة عن الفحم الكوك المستخرج بواسطة الأفران ولو أنهم لم يتمكنوا من تعليل الأسباب لهذا التفضيل .

ويستخرج الآن فحم الكوك بطريقة الأفران التي تختلف في الشكل والنوع تبعاً للمحاصيل المطلوب استخراجها من الفحم فإن كان المحصول الرئيسى هو شيء آخر غير الفحم الكوك كغاز الاستصباح مثلاً عملت الأفران بطريقة تسمح بذلك بحيث يسخن الفحم بمعزل عن الهواء . وأبسط هذه الأفران شكلاً يشبه بالتقريب الأفران المستعملة في استخراج غاز الاستصباح إلا أن بعضها قد تكون معوجاته رأسية والبعض الآخر أفقية . أما إن كان المقصود هو الحصول على الفحم الكوك فقط بغض النظر عن باقى المحاصيل الأخرى فيحرق الفحم فى أفران تشابه بالتقريب أفران صناعة الفخار تملأ بالفحم الحجري ويشعل داخلها وتصرف غازات نواتج الاحتراق فى مجار تنتهى بمدخنة . ومتى تم تحويل الفحم الى كوك رفع الأخير من تلك الأفران . ولعدم اتساع مجال هذا الكتاب لشرح هذه الأفران شرحاً وافياً فقد اكتفينا بالإشارة إليها هنا نظراً لأهميتها فى القطر المصرى .

وبما أن وجود الكبريت فى الكوك غير مرغوب فيه ، لذلك تقلل نسبته بغسل الفحم الحجري قبل عملية التحويل ويرش الفحم الكوك بالماء بعد استخراجة بقليل وفى الحالة الأخيرة يتحد الكبريت بأيدروجين الماء مكوناً كبريتيد الأيدروجين .

القيمة الحرارية للفحم — يختلف السعْر الحرارى للفحم باختلاف نوعه وفيما يلى القيمة الحرارية لبعض الأنواع على وجه التقريب :

الفحم النباتى ١٣٧٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

الفحم الحجري من ١١٥٠٠ الى ١٦٢٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

الانتراسيت من ١٢٩٠٠ الى ١٤٧٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

الفحم الكوك من ١١٩٨٠ الى ١٤٤٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

احتراق الفحم — عند احتراق قطعة من الفحم يلاحظ أنها تحترق على ثلاث فترات :

(الأولى) أن الغازات التي يحتوي عليها الفحم تتقطر (أى تتحلل) .

(الثانية) أن هذه الغازات اما أن تحترق واما أن تصعد الى المدخنة غير مستهلكة .

(الثالثة) أن تحترق بقايا الفحم الصلبة .

ولأجل أن تحترق الغازات المقطرة من الفحم احتراقا تاما يجب أن تتوافر كمية الأوكسجين اللازمة للاحتراق فان لم تتوافر أو اذا لم تكن درجة الحرارة كافية فان الاحتراق يكون غير تام وعندئذ ترى سحب من الكربون مجزأة تجزئة دقيقة تنفصل من الغاز وتصعد على هيئة دخان يرسب بعضه على شكل سناج (هباب) في المداخن .

أما الوقود الصلب الذي يبقى على هيئة كوك أو كربون فيحترق كلما زود بالأوكسجين اللازم . وعموما فكلما توافر الأوكسجين بشرط أن لا يزيد عن اللازم كان الاحتراق أتم . والفرق بين حرارة الاحتراق التام والاحتراق غير التام للكربون يعادل ١٠٢٠٠ وحدة حرارية بريطانية في كل رطل من الكربون ، وهذا الفرق يذهب هباء في حالة الاحتراق غير التام ، ومن أجل ذلك يندى الفحم بالماء حتى يعطى فرصة أطول يتعرض خلالها لأوكسجين الهواء الجوى فيتم احتراقه ومن جهة أخرى يقل المتخلف منه .

الوقود الصالح لأعمال الحدادة — بما أن الحدادة من أهم الأعمال الصناعية لذلك يلزمنا أن نعالج ولو بإيجاز الوقود المستخدم فيها : فأحسن أنواع الوقود التي تلائم كير الحداد هي الفحم الحجري البتيوميني بشرط أن يكون من النوع الصالح لصنع الفحم الكوك وأن يكون خاليا من الجليخ والرماد والمواد الأخرى المضرة على قدر الامكان . والفحم الحجري الذي تتوافر فيه هذه الشروط لدرجة كبيرة هو الفحم المعروف في مصر باسم فحم كرديف . ويلزم تكسير هذا الفحم الى قطع صغيرة قبل استعماله .

ويمكن على العموم معرفة جودة أى نوع من الفحم ودرجة صلاحيته للكير بمراقبة اللهب الناتج عنه عند احتراقه ، فإن أعطى الفحم في لحظة ما نارا قوية ثم فترت ناره من نفسها في لحظة أخرى ، أو اذا كانت هذه النار يندلع لهبا أحيانا ثم يخبو أحيانا ، أو اذا كان لون اللهب أحمرًا تحيط به هالة زرقاء ، أو اذا كان الكوك الناتج من هذا الفحم بعد احتراقه في الكير قاتم اللون هشًا ، أو اذا كانت تصعب عملية اللحام باستخدام هذا الفحم فإنه يكون رديثًا . والتجربة الآتية تسهل لنا تمييز الفحم الصالح للحدادة من غيره :

أولا — خذ قطعا متعددة من الفحم المطلوب تجربته بحيث تكون كل منها في حجم قبضة اليد ثم اكسر هذه القطع فان ظهرت بين طبقاتها قشور بيضاء أو بقع سمراء فذلك دليل على وجود الكبريت . والكبريت مضر جدا بالحديد والصلب اذ لا يمكن معه اجراء عملية اللحام بتاتا . والفحم الصالح للحدادة يلزم أن يكون خاليا من أمثال هذه القشور والبقع .

ثانيا — أوقد هذا الفحم وانظر الى قطع الكوك التي تتولد منه حول النار فان لم تكن تلك القطع صلبة وان لم يكن لونها رماديا صافيا فان هذا

الفحم يكون حاويا لكمية كبيرة من القاذورات . والفحم الصالح للحدادة يلزم أن يتولد عنه كوك ذو لون رمادى صاف وذو مسام منتظمة وان أحرق هذا الكوك فانه يحدث نارا ساخنة منتظمة .

ثالثا — لاحظ اللهب الذى يتولد من الفحم المحترق فان شاهدت هالة زرقاء تحيط باللهب كان هذا دليلا على وجود كمية كبيرة من الكبريت . والفحم الخالى من الكبريت يكون لهبه أحمر قويا أو أصفر نقيا .

رابعا — اذا كانت النار تشتد فى لحظة ما ثم تضعف بعد ذلك من نفسها فان هذا دليل على أن القيمة الحرارية للفحم ضعيفة وعلى ذلك لا يصلح للحدادة .

خامسا — انخفض كومة الفحم التى أمامك وانظر كم قطعة من حجر الاردواز الرمادى القاتم يمكنك أن تلتقطها من سطح الكومة فان كانت القطع كثيرة فذلك دليل على أن الفحم غير نقي ، وقطع الاردواز لا تلهب وزيادة عن ذلك تؤثر على حرية اشتعال الفحم المختلطة به .

الفصل الرابع

الحديد الغفل . تجهيزه . صهره

الحديد عنصر يوجد بكثرة في باطن الأرض أو في حفر مكشوفة للهواء على هيئة مركبات كيميائية مصحوبة بكثير من الأخطا الأرضية كالطفل والرمل وأحيانا بالصخور . ويسمى في هذه الحالة الحديد الغفل .

ولتحويل الحديد الغفل إلى حديد صالح للصناعة يلزم أولا إزالة أغلب الأخطا منه ثم تكليسها ان لزم ثم معالجته بعد ذلك بالصهر لى يتخلص من الأوكسجين وبعض الكربون المتحدين معه . ويتحرر من جزء من المعادن والأخطا الأخرى العالقة به ، فيرى من هذا أن الحديد المستعمل في الصناعة ليس حديدا نقيا بالمعنى الدقيق لأنه يحتوى فعلا على حديد ونسبة قليلة من الكربون ثم على نسب صغيرة من عناصر أخرى مثل السليكون والمانجنيز والفوسفور والكبريت الخ ، مما سير ذكره مفصلا فيما بعد .

ومستخرجات الحديد المستخدمة في الصناعة ثلاث وهى :

(١) زهر (٢) الحديد الخام (٣) الصلب (الفولاذ)

وتتميز هذه المستخرجات بعضها عن بعض بتركيبها وخصائصها وأساليب صنعها وطرائق استخدامها لكنها تشترك في خاصيتين :

الأولى — أن كلا منها يحتوى على ٩١ في المائة فأكثر من عنصر الحديد .

الثانية — أنها تحتوى على نسب مختلفة من عنصر الكربون الذى هو أهم شىء فى تركيبها بعد الحديد . وقد تبلغ هذه النسب أحيانا ٥ فى المائة فى الزهر ٦ ١٨ فى المائة فى الصلب ٦ ٢٥ ، فى المائة فى الحديد الخام .

الحديد النقى — وهو الذى لا يدخل فى تركيبه أى عنصر آخر غير الحديد ولا يستخدم فى الأعمال الهندسية لصعوبة تحضيره ولكثرة تكاليفه ، لكنه يحضر فقط فى المعامل الكيميائية لدراسة خصائصه . وهو معدن لدن (طرى) ذو قابلية كبيرة للطرق والسحب وذو مقاومة عظيمة للشد ، لونه رمادى ضارب للبياض ولا أهمية له من الوجهتين التجارية والصناعية .

الحديد الغُفل — يوجد فى الغالب على هيئة أوكسيدات الحديد، حيانا على شكل كربونات الحديد ، وأهم أوكسيدات الحديد هى :

(١) الماجنتيت — (أى الحديد المغناطيسى) وتركيبه الكيميائى (ح_٣ أ) لونه حديدى رمادى أو حديدى أسود ويحتوى فى أجود أنواعه على نحو ٧٢,٤ فى المائة من عنصر الحديد، ولذلك هو أغنى وأنقى أنواع الحديد الغفل ويوجد بكميات وافرة على شكل بللورات أو حبيبات خشنة فى ممالك غير قليلة ، أهمها السويد والنرويج والولايات المتحدة وكندا وسيريا . لكن أكبر كمية منه توجد فى بلاد السويد والنرويج ، ولوفرة كميته يصدر بعضه إلى الممالك الأخرى وأخصها إنجلترا لصهره واستخلاص الصلب منه . والماجنيتيت السويدي خال تقريبا من الكبريت والفوسفور ويحتوى فى بعض أنواعه على نسبة كبيرة من المانجنيز ، ويستخرج منه الحديد الخام السويدي المشهور باسم حديد دانيمورا ، والذى يستخدم فى صهره فحم الخشب .

(٢) الهمايت الأحمر — (أوكسيد الحديدك) وتركيبه الكيميائي (ح ٢ أ)
وسمى كذلك بالنسبة للونه الذي يضرب غالبا للاحمرار . ويوجد على شكل
كتل طفلية كبيرة ، ويحتوى فى أنقى أنواعه على نحو ٧٠ فى المائة من عنصر
الحديد . وهو أكثر أنواع الحديد الغُفل وجودا فى العالم وأوسعها انتشارا
فى باطن الأرض . وبعض أنواعه خال تقريبا من الفوسفور والكبريت ،
وهذه الأنواع تستخدم بعد صهرها فى استخراج صلب بسمر المشهور .
كذلك توجد منه بعض أنواع أخرى على شكل مسحوق طفلى تستخدم بعد
سحقها وتنظيفها فى صناعة البويات (الأهرة الحمراء) .

(٣) الهمايت البنى — ولونه بنى ضارب للصفرة أو للسواد ويدخل
الماء فى تركيبه فيمثل كيميائيا بما يأتى : (٢ ح ٢ أ ٣ يد ١) . ويوجد على
شكل كتل طفلية ، ويحتوى على نحو ٦٠ فى المائة من عنصر الحديد فى أنقى
أنواعه . ويصهر بكثرة فى فرنسا وألمانيا وبعض ممالك أوربا الوسطى ،
وتستخدم بعض أنواعه فى صناعة البويات المعروفة باسم الأهرة الصفراء
والطينة النية .

(٤) كربونات الحديد — وتركيبها الكيميائي (ح ك أ) وهى أقل انتشارا
وتقاء وأهمية من الأوكسيدات وتشمل الأنواع الآتية :

(١) السيديريت — وهو أنقى أنواع الكربونات ويحتوى فى أجود
أنواعه على ٤٨ فى المائة من عنصر الحديد ، ويختلف لونه من
الصفرة إلى البنى لكن بعض أنواعه تكون معرضة للماء فتحول
الأجزاء المعرضة منها إلى همايت بنى .

(ب) الحديد الغفل الطفلى — ويكون فى الغالب مختلطاً بكميات غير قليلة من المعادن الأخرى وبكمية كبيرة من الطفل ومن هذا اشتق اسمه ، ويختلف لونه من رمادى فاتح إلى أصفر إلى بنى لكنه عند تعريض الأنواع الفاتحة منه إلى الهواء ينقلب لونها إلى بنى .

(ج) الحديد الغفل الأسود — ويكون فى الغالب مختلطاً بالفحم الجبرى البتيومينى بنسبة تختلف من ١٥ الى ٢٥ فى المائة موزعة فى كتله على شكل طبقات فحمية فتجعله مقلاماً بأقلام سوداء .

(د) حديد كلفلند الغفل — ولونه فى الغالب أخضر ضارب للزرقة ويحتوى على نسب كبيرة من الفوسفور ويوجد بكثرة فى إنجلترا .

وهناك أنواع أخرى من الحديد الغفل قليلة الأهمية منها الحديد الغفل الكبريتى ، ويحتوى فى أجود أنواعه على ٤٦ فى المائة من عنصر الحديد ، وتركيبه الكيميائى (ح ك ب) ويوجد فى الطبيعة بكميات كبيرة ، ويستخدم فى استخراج حامض الكبريتيك أكثر مما يستخدم فى استخلاص الحديد ، ذلك لأن الحديد إن استخلص منه يكون رديئاً جداً لعدم إمكان التخلص من كل الكبريت .

وفى بعض المناطق التى يوجد فيها هذا المعدن الغفل مختلطاً بقليل من النحاس يستخدم أولاً فى استخراج حامض الكبريتيك وما يتبقى منه يستخدم فى استخلاص النحاس فيتخلص بذلك من كل الكبريت . والرماد المتخلف من ذلك يحتوى على نسبة كبيرة من الحديد فيضغط على شكل قوالب ثم يصهر كأنه حديد غفل لاستخلاص الحديد منه .

وليس من الضروري أن يكون كل نوع من أنواع الحديد الغفل السابق ذكرها موجودا بمفرده بل كثيرا ما يوجد بعضها مختلطا ببعض الآخر كما في الماجنتيت والهيماتيت الأحمر والهيماتيت البنى .

العمليات التجهيزية للحديد الغفل — يجب أن تجرى على الحديد الغفل بعض عمليات تجهيزية بسيطة قليلة التكاليف حتى يصبح صالحا للصهر . ويتوقف عددها في أية حالة على طبيعة الحديد الغفل ونوعه . وأهم هذه العمليات هي :

(أولا) عملية التكسير — يكسر الحديد الغفل إلى قطع ذات أحجام مناسبة تسهل معها عملية الصهر في الأفران وذلك في بعض الأحوال فقط . ففي كثير من البلاد الانجليزية يؤخذ الحديد الغفل من مناجمه مباشرة إلى أفران الصهر أو إلى قنائن التخميص دون تكسير لا سيما إذا كانت مناطق الأفران قريبة جدا من مناجم الحديد الغفل . لكن في نواحي أخرى من البلاد الإنجليزية يكسر الحديد الغفل إلى قطع يختلف حجمها من ٤ إلى ٦ بوصات إذا كانت أفران الصهر متوسطة الحجم ، أو إلى قطع حجمها ٢ بوصة إذا كانت الأفران صغيرة الحجم ، أما في بلاد السويد حيث الأفران صغيرة جدا فيكسر إلى قطع حجم الواحدة منها نحو بوصة واحدة ، وأما في الأفران الحديثة الضخمة فقد استغنى الحال كلية عن تكسير الحديد الغفل .

(ثانيا) عملية الغسيل — تجرى هذه العملية لفصل الحديد الغفل عن أخلاطه الرملية والطينية (انظر الفصل الثانى) .

(ثالثا) التهوية (أنى التعريض للجو) — وتتلخص فى تعريض بعض أنواع معينة من الحديد الغفل لفعل التأثيرات الجوية . وهذه الأنواع هى التى تحتوى فقط على مركبات كيميائية يدخل فيها الكبريت دون الكلسيوم مثل البيريطيس وغيره . فان هذه المركبات عند تعريضها للجو لمدة طويلة تتأكسد بفعل الأوكسجين الجوى وتتحول الى كبريتات قابلة للذوبان فى الماء فىمكن إزالتها بواسطة إذابتها فى ماء الرش أو ماء الأمطار . أما اذا كانت هذه المركبات تحتوى على الكلسيوم زيادة على الكبريت فهذه الطريقة لا تصلح لها لأن الكبريتات تتحلل بفعل الجير (أكسيد الكلسيوم) وتكون كبريتات الكلسيوم الذى لا يذوب فى الماء، وهذه العملية تجرى فى الغالب قبل عملية التكلّيس الآتى ذكرها بعد ، ومددها تختلف من ثلاثة الى أربعة شهور فى الأنواع الجيدة . أما فى ألمانيا فتوجد بعض أنواع تجرى عليها هذه العملية عقب التكلّيس لمدة تختلف من سنة الى ثلاث مع إذابة المركبات الناتجة بواسطة الماء جملة مرات خلال مدة التعريض .

(رابعا) عملية الفرز المغناطيسى — وتجرى على الحديد الغفل المحتوى على مواد ومعادن لا مغناطيسية، وفى هذه الحالة يحول الحديد الغفل الى مسحوق خشن ويفرز الحديد منه بواسطة أجهزة مغناطيسية قوية . وتستخدم هذه العملية بكثرة فى النرويج وبعض البلاد الأخرى ، ويشترط لنجاحها أن تكون المواد المختلطة بالحديد الغفل لا مغناطيسية، وأن تكون سهلة الانفصال منه بعد تحويله الى مسحوق . لكن نظرا لأن الحديد الغفل بعد فرزه بهذه الطريقة يكون على شكل مسحوق والمسحوق لا يصلح للوضع فى أفران الصهر لذلك يلزم تحويله أولا إلى قوالب مضغوطة يمكن وضعها بسهولة فى الأفران .

التكليس — ويجرى على الحديد الغفل إن كان على هيئة كربونات أو كان الماء داخلا في تركيبه كالهيماتيت البنى أو كان به كبريت أو مواد متطايرة، فينطرد منه الماء وجميع المواد المتطايرة ، وتتحول كربونات الحديد (ح ك_٣) الى أوكسيد الحديد (ح ك_٢). وبما أن الحديد الغفل يخف وزنه بعد تكليسه لذلك تجرى عليه العملية غالبا بجوار المناجم حتى تقل مصاريف نقله منها الى مناطق الصهر .

وتتخصر مزايا تكليس الحديد الغفل فيما يأتى :

- (١) ان كربونات الحديد من خصائصها الاتحاد بسهولة مع السليكون فتكون معه عند الصهر سليكات الحديد وهو مركب سهل الانصهار يتحول عند تجده الى جسم مصقول خالى المسام لا يصلح فى الصناعة . لكن إذا حمصت الكربونات قبل وضعها فى أفران الصهر فإنها تتحول الى أوكسيد الحديد وهو غير قابل للاتحاد بسهولة مع السليكون .
- (٢) ان طرد غاز ثانى أوكسيد الكربون من كربونات الحديد بواسطة التكليس يختصر كمية هذا الغاز غير القابل للاحتراق فيمكن للغازات الأخرى . الداخلة فى تركيب الكربونات أن تشتعل بجمارة أشد داخل أفران الصهر . كما أنه يجعلها ذات محصول حرارى أكبر فى الأغراض التى تستخدم فيها بعد خروجها من أفران الصهر كما سيرد بعد .
- (٣) ان التكليس يجعل الحديد الغفل كثير المسام فتتفد الحرارة الى جوفه بسهولة وتساعد على صهره ، كما يمكن للغازات أن تتخلله بسهولة وتختزل منه بعض الأوكسيجين أثناء عملية الصهر .
- (٤) ان التكليس يقلل من حجم الحديد الغفل دون أن ينقص من وزن عنصر الحديد الموجود به ، وبذلك يمكن لأفران الصهر أن تسع كمية كبيرة منه .

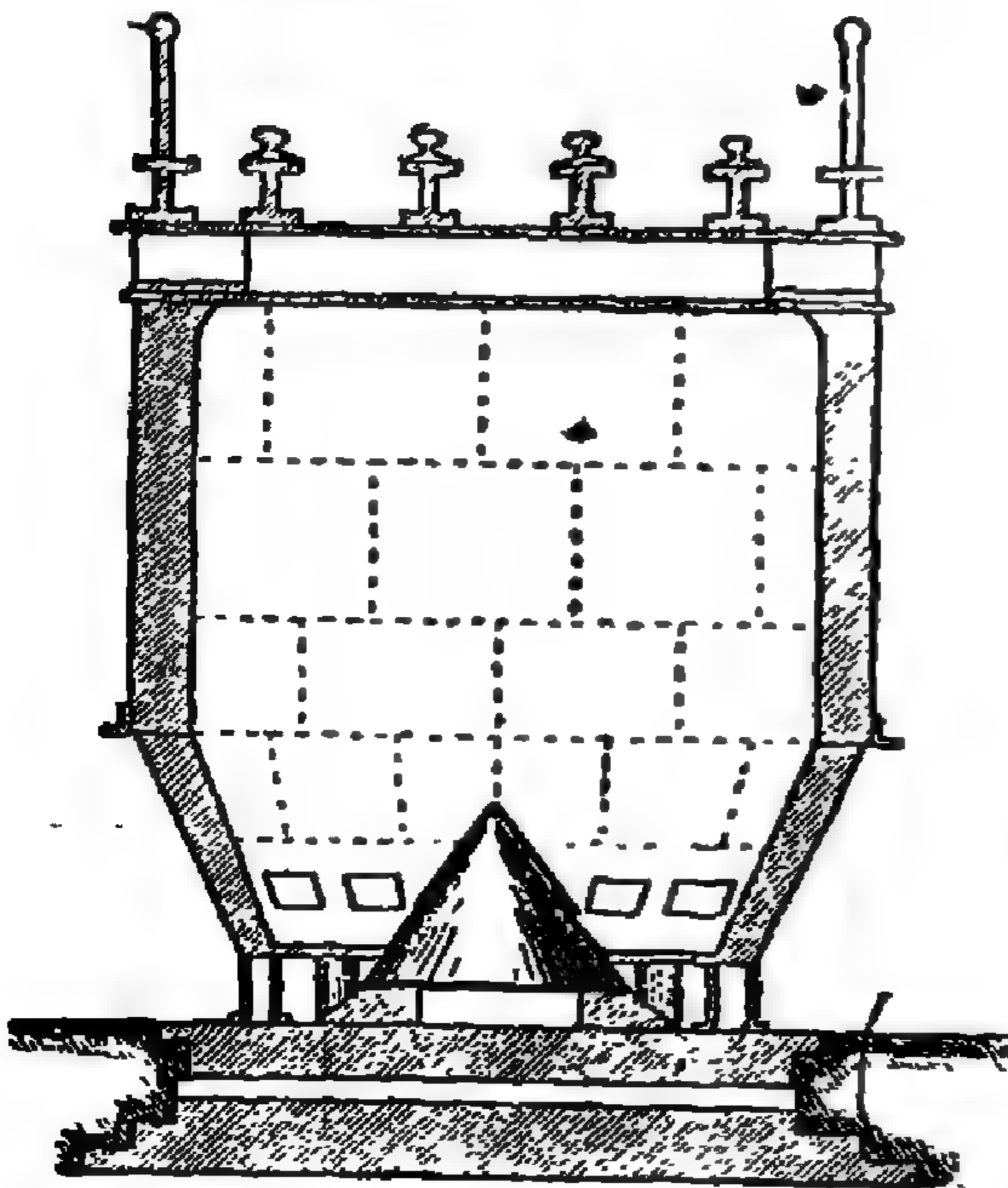
ويكلس الحديد الغفل بوضعه مع كمية مناسبة من الوقود إما في أكوام في الهواء الطلق وإما في قمائن ثم يشعل الوقود فيسخن الحديد الغفل تدريجياً ويتبخر منه الماء وتخرج المواد المتطايرة على هيئة غازات مختلفة . والتكليس في القمائن خير من التكليس في الأكوام لأنه يمكن في القمائن تنظيم كمية الهواء اللازمة للتكليس ، كما يمكن تشغيلها باستمرار وفي ذلك وفر كبير في الوقود واليد العاملة ، وتختلف أكوام التكليس في شكلها وحجمها تبعاً للمناطق المختلفة ونوع الحديد الغفل الموجود فيها والوقود المتوافر لديها . فمثلاً في بلاد الغال الجنوبية واستفوردشير وغيرهما تبنى الأكوام على شكل قمائن الطوب المعروفة في مصر فيوضع فرش من الفحم الجرى سمكه بضع بوصات على قطعة مسطحة من الأرض ثم توضع فوق ذلك طبقات متعاقبة من الحديد الغفل والوقود إلى ارتفاع أربعة أو خمسة أقدام .

وفي بعض المناطق الأخرى يجعل الفرش المتأخم لسطح الأرض من خبث الحديد ، ثم توضع فوقه طبقات متعاقبة من الحديد الغفل والوقود حتى يتكون من الجميع شكل هرم ناقص ارتفاعه نحو ٩ أقدام وقاعدته مربعة ضلعها نحو ٦ أقدام . والأكوام مهما اختلف شكلها أو نوعها يلزم أن توضع فيها كتل الحديد الغفل الكبيرة من أسفل والصغيرة من أعلى وأن توقد النار بالقرب من قاعها من فتحات في الجوانب معدة خصيصاً لمرور تيار الهواء اللازم لاشتعال الوقود . لكن نظراً لعدل انتظام الاشتعال في جميع أجزاء الأكوام على حد سواء ، فإنه يضاف من وقت لآخر كمية من الحديد الغفل الصغير الحجم على الأجزاء التي يكون الاشتعال فيها أشد من غيرها لإضعاف سير الحرارة فيها ومساواتها على قدر الإمكان بالأجزاء الأخرى .

أما قمائن التكليس فهي مبانٍ أو أوعية كبيرة مستديرة القطاع أو مستطيلة ومفتوحة من أعلى . وبعضها يبنى بالطوب الحراري والبعض يصنع من ألواح

الصاج ويطن بالطوب الحرارى ، وتكون لها فتحات من أسفل ، بعضها لدخول الهواء والبعض لسحب الحديد الغفل بعد تكليسه . وتستغل هذه القمائن باستمرار . وكلما كسبت فيها كمية تسحب من أسفل وتوضع كمية جديدة بدلا منها من الحديد الغفل والوقود من أعلى .

وشكل (١١) يبين نوعا مشهورا من هذه القمائن يعرف باسم قمين ججر (Gjer) وهو وعاء اسطوانى من الألواح الصاج مبطن بالطوب الحرارى لسمك ١٤ بوصة ، وارتفاع الوعاء ٢٣ قدما تقريبا وأوسع أقطاره يبلغ نحو ٢٤ قدما وسعته نحو ٨٠٠ قدم مكعب أى ما يعادل تقريبا ٣٥٠ طنا من الحديد الغفل والوقود معا ، وأحيانا تكون أبعاده وسعته أكبر من ذلك . وتنتهى الأسطوانة من أسفل بجزء مخروطى يضيق نحو القاع ، ويحمل جميع الوعاء على طوق من الزهر يرتكز على أعمدة قصيرة من الزهر أيضا بحيث يكون الخلوص بين قاع الوعاء والأرض نحو ٣٠ بوصة ، ويرز فى وسط القاع مخروط أجوف



(شكل ١١ — قمين ججر)

من الزهر قاعدته مرتكزة على الأرض وقمته بارزة داخل الوعاء ، ووظيفته توجيه الحديد الغفل المكلس أثناء هبوطه إلى الخارج حتى يسهل سحب هذا الحديد إلى الفراغ الواقع بين الأعمدة ، ويوجد فى غلاف الوعاء وبالقرب من القاع فتحات مجهزة بأبواب وظيفتها إدخال الهواء اللازم

للتكليس ، وتستخدم هذه الفتحات أيضا لمرور الأسياخ والعدد اللازمة لتكسير قطع الحديد الغفل التى قد تلتصق بعضها ببعض أثناء التخميص .

صهر الحديد الغفل وتكريره — بعد تجهيز الحديد الغفل بالطرق السابقة تجرى عليه عملية الصهر في أفران خاصة ، تشحن بالحديد الغفل ومعه ما يلزمه من الوقود والمواد المساعدة على الصهر ثم يصهر فيها تحت تأثير تيار شديد من الهواء يساعد على الاحتراق والاختزال .

الوقود — أهم أنواع الوقود المستخدمة في صهر الحديد الغفل هي حسب ترتيب أهميتها كما يأتي :

فحم الكوك ، الفحم الحجري ، فحم الاتراسيت ، الفحم النباتي .

واختيار أى نوع منها يتوقف على تكاليفه النسبية في المنطقة التي يستعمل فيها ، لكن كلما كانت مادة الوقود أنقى كان الحديد الناتج عنها أجود . وفحم الكوك والفحم النباتي يعتبران أحسن أنواع الوقود ، والأول منها يمتاز بصلابته وصعوبة تفتته ونسبة الكربون الكبيرة الموجودة به ، ولهذا الأسباب حل محل الثاني في أغلب الأفران الحديثة .

مساعداً للصهر للحديد الغفل — بما أن الأخطا الموجودة في الحديد الغفل تتكون غالباً من الرمل (السليكا) والطفل (سليكات الألومنيوم) فإن أكثر مساعداً الصهر استعمالاً مع الحديد الغفل هو الحجر الجيري ، لكن هناك بعض أنواع من الحديد الغفل ذات انصهار ذاتي فلا تحتاج الى مساعد صهر (انظر مساعداً الصهر في الفصل الثاني) .

أفران صهر الحديد الغفل — يوجد أنواع غير قليلة من هذه الأفران لكن يمكن تقسيمها على وجه العموم الى طائفتين :

(الأولى) وتشمل الأفران المبينة على أبسط القواعد الفطرية الساذجة كالفرن المعروف باسم كاتلان أو كاتالونيا وهو فرن يستخدم في الحصول على

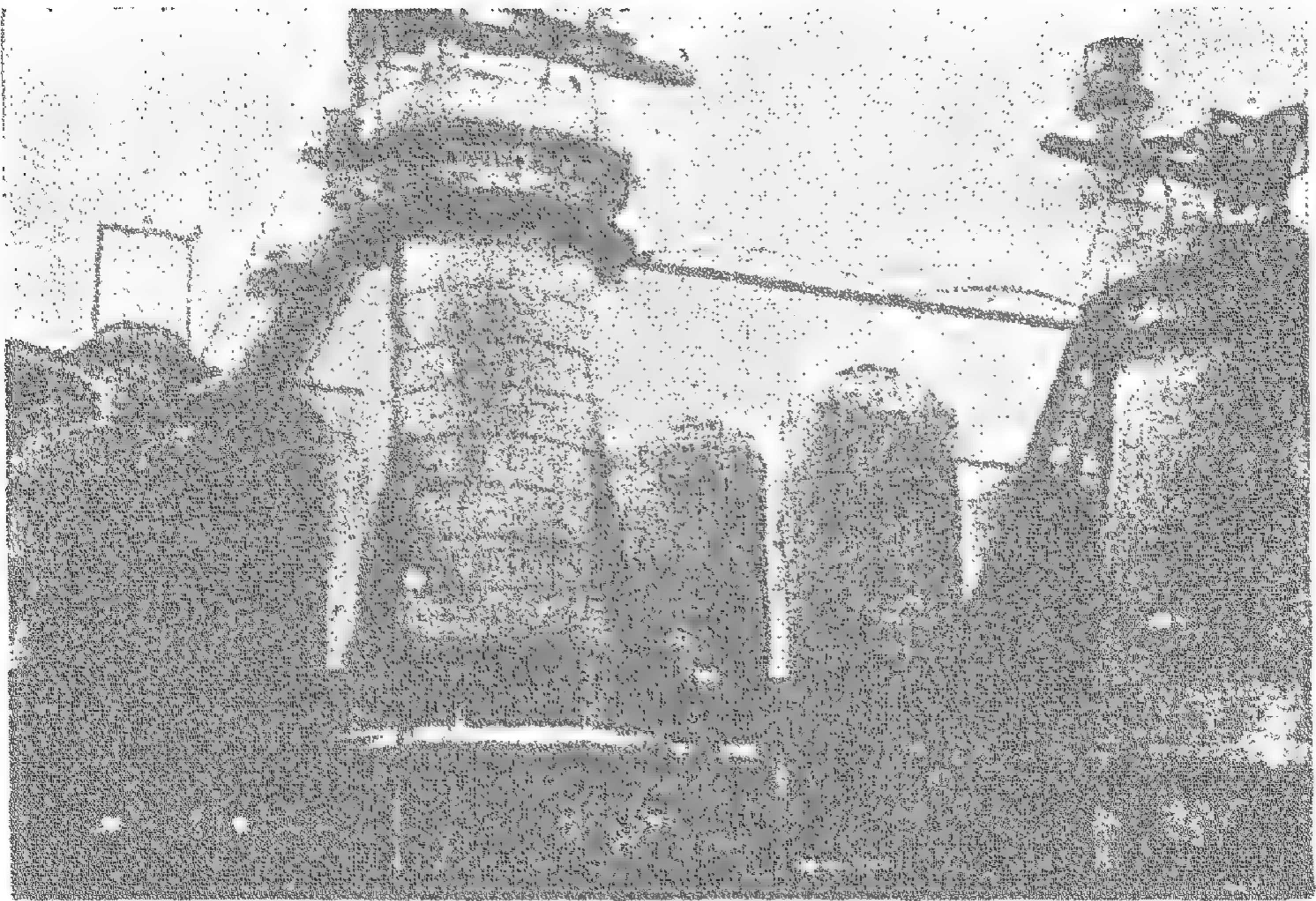
الحديد الخام مباشرة من الحديد الغفل ولا أهمية له في الواقع إلا من الوجهة التاريخية لأنه يكاد يكون أثرا باقيا مما كان يستخدمه الأقدمون في العصور الحالية قبل أن تتقدم صناعة الحديد . لكن نظرا لكونه لا يزال يستخدم في وقتنا الحاضر في جهات الپيرينيز (Pyrenes) والهند وبعض الممالك الأخرى فسأتى على شرح موجز له في الفصل الخاص بالحديد الخام . وهناك أيضا نوع آخر شبيه بفرن كانلان ولا يمتاز عنه إلا في بعض التفاصيل ويستخدم كذلك في استخلاص الحديد الخام مباشرة من الحديد الغفل في بعض الجهات النائية بالولايات المتحدة وكندا ويسمى الفرن الأمريكى .

(الثانية) وتشمل الأفران المؤسسة على أحدث النظريات العلمية والمستوفاة لأحسن شروط الإنتاج الاقتصادى كالفرن العالى المستمر . وسمى فرنا عاليا لارتفاعه الذى يختلف من ٦٠ إلى ٩٠ قدما وهذا الفرن كبير الأهمية وذو طرازات متعددة . ويستخدم في جميع الممالك الصناعية في استخلاص الزهرالخام من الحديد الغفل في الوقت الحاضر ولأهميته قد أفردنا له الفصل الخامس .

الفصل الخامس

الفرن العالى وملحقاته

الفرن العالى — شكل (١٢) يبين منظرا عاما لمجموعة من الأفران العالية بملحقاتها من مسخّنات للهواء واسطوانات لتكرير الغازات الساخنة وأخرى لحزنها وكبارى للتوصيل بين الأفران المتجاورة وغير ذلك من الأجهزة التى سird شرحها تفصيلا فيما بعد .

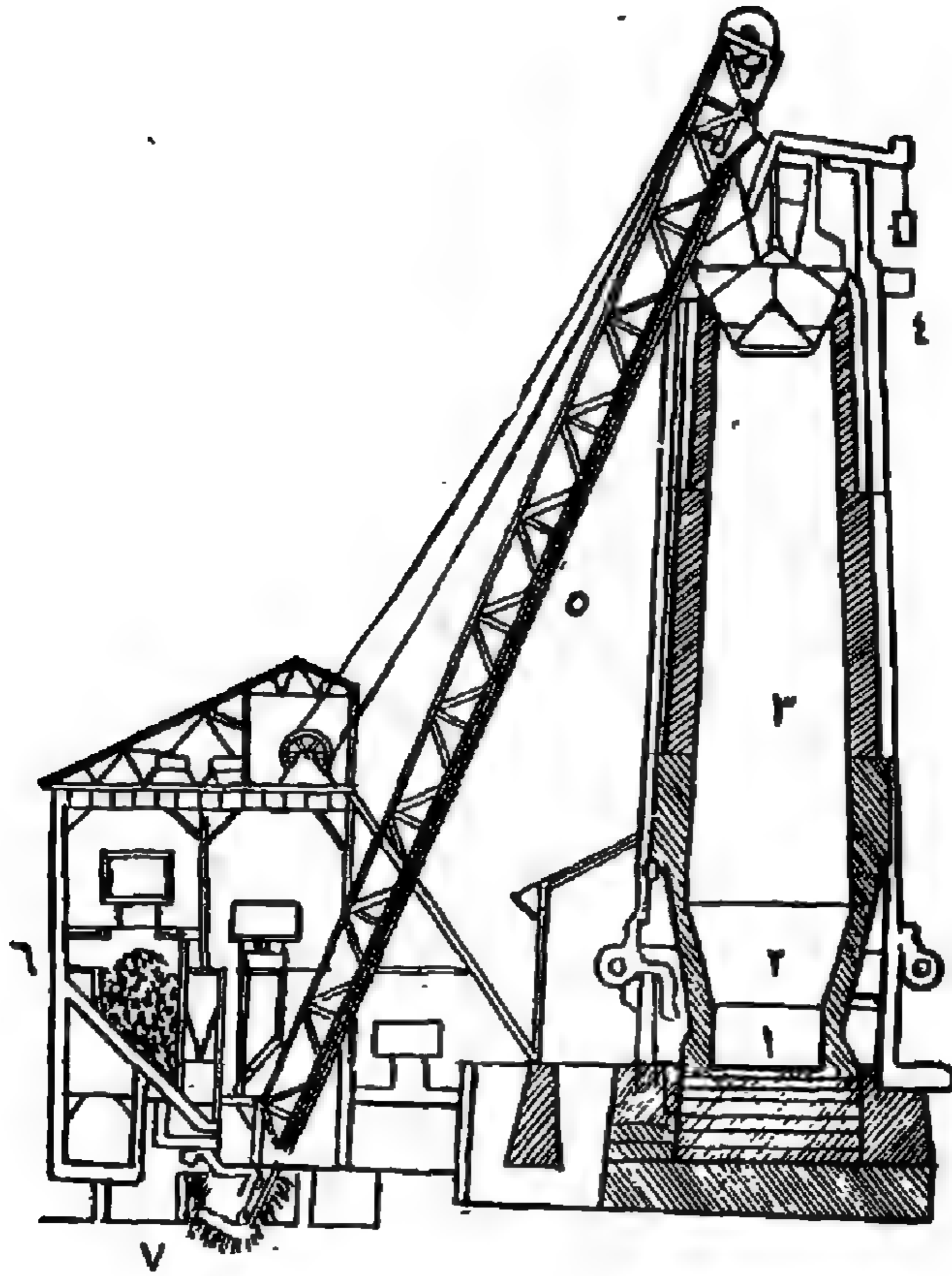


(شكل ١٢)

منظر عام لمجموعة من الأفران العالية وملحقاتها

والأفران العالية تستمر فى عملها ليلا ونهارا مددا طويلة دون انقطاع حتى انه يروى عن بعضها أنه اشتغل اثنى عشر عاما باستمرار ولم يطفأ إلا للترميم ، وفى مقدور بعض هذه الأفران أن يخرج محصولا أسبوعيا يبلغ زهاء ألفى طن

لكن متوسط ما يخرج من الفرن الواحد في الأسبوع يتوقف على حجمه ونوع الحديد الغفل والوقود المستخدمين فيه . ففي اسكتلندا حيث الوقود هو الفحم الحجري قل أن يزيد المحصول المتوسط للفرن عن ٣٠٠ طن في الأسبوع ، وفي كلفلند بإنجلترا حيث الوقود هو فحم الكوك قد يبلغ المحصول المتوسط زهاء ٨٠٠ طن في الأسبوع . أما في الأفران الكبيرة المستعملة في أمريكا وبعض أنحاء إنجلترا فقد يبلغ المحصول المتوسط الأسبوعي أكثر من ٢٠٠٠ طن .



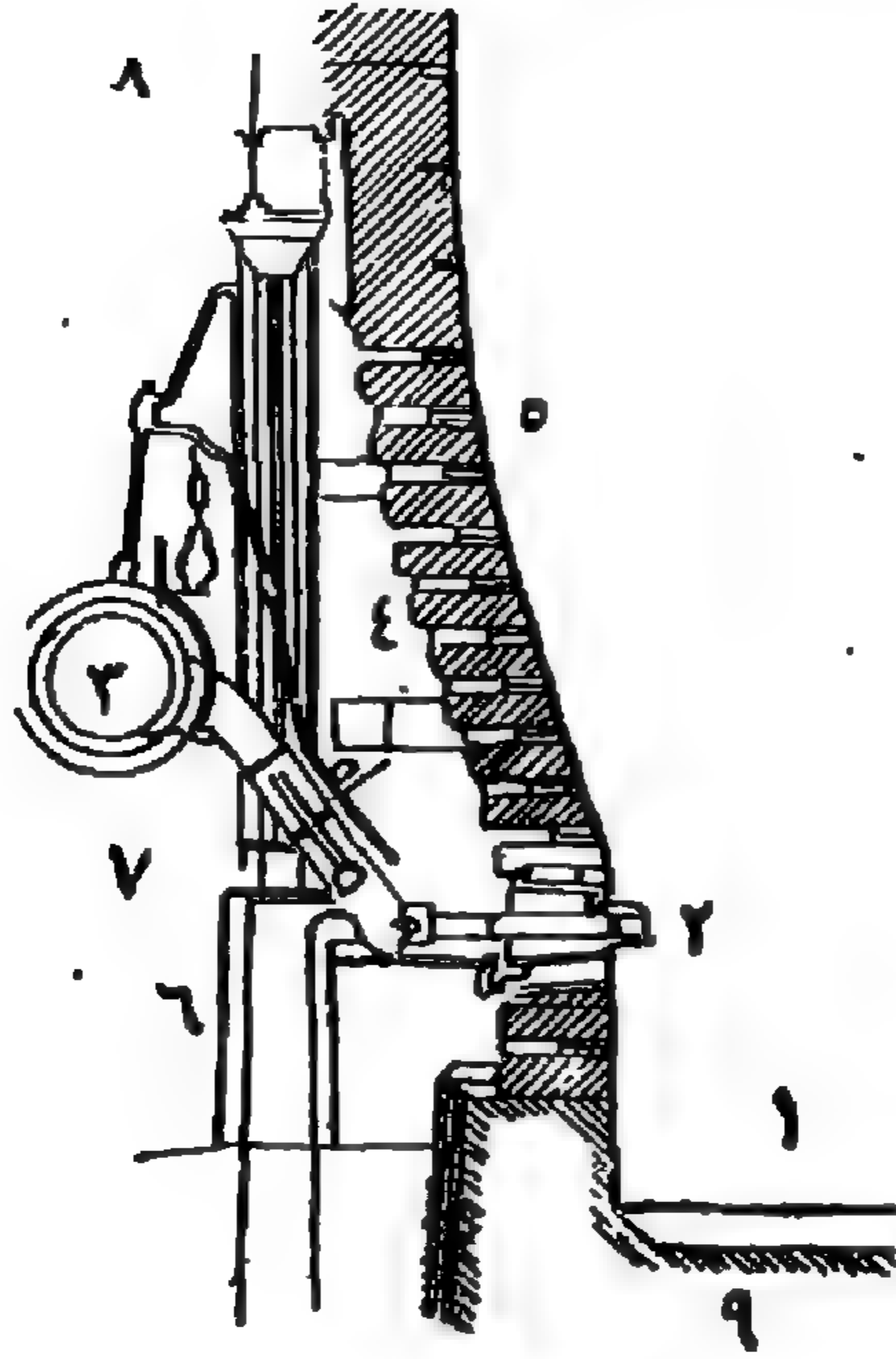
(شكل ١٣ الفرن العالي)

- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| (١) المرقد | (٥) مصعد لرفع الشحنة |
| (٢) المخروط الأسفل | (٦) مخزن الشحنة |
| (٣) البدن | (٧) قادوس لرفع الشحنة بواسطة المصعد |
| (٤) قادوس الشحنة | |

وتختلف الأفران العالية بعضها عن بعض شكلا وحجما تبعا لنوع الحديد الغفل الذى يصهر فيها ، لكن هذا الاختلاف لا يتناول الأجزاء الرئيسية منها . وقد كان الفرن العالى يقام قديما من بناء من الطوب اسطوانى الشكل ويبطن من الداخل بالطوب الحرارى إلا أنه رأى بعد ذلك وجوب تسليحه ليقاوم مختلف الجهود التى تقع عليه فغطى من الخارج باسطوانة من ألواح الصلب ، وبديهي أن سمك جداره نقص كثيرا . ثم تطور بناء الفرن الى أن أصبح فى شكله الحديث بناء من صاج الصلب مبطن داخله بالطوب الحرارى . لكن لوحظ بالتجربة أن أعظم تأثير على البناء ينتج من فعل الحرارة المتولدة من احتراق الوقود وما يلزم ذلك من التفاعل الكيماوى داخل الفرن . وقديما كانت تعمل البطانة من طبقتين ينحصر بينهما كمية من الرماد قصد تكوين مادة عازلة تمنع تشعع الحرارة خارج الفرن ، وتُعطى البناء حرية التمدد والانكماش إلا أنه وجد بعد ذلك أنه من الضرورى ألا يكون العزل تاما كي تشعع كمية من الحرارة فيقلل ذلك من مناعب إصلاح بناء الفرن وبطاناته وبذلك أصبح الفرن الحديث مكونا من بطانة من الطوب مغلفة بألواح من الصلب . وشكل (١٣) يبين نموذجا عاما للفرن العالى فى صورته وتركيب أجزائه ^(١) يُحمل غلافه على حلقة من كموات الصلب محمولة على أعمدة من الصلب ، وحديثا جعل ارتفاع تلك الأعمدة مناسبا حتى يكبر الجزء الأسفل

(١) قد تطور شكل الفرن العالى كثيرا فى الخمسين سنة الأخيرة . فبعد ان كان ضخم الحجم جدا ويبنى من الطوب ثم يحاط باطواق من الحديد وتركته مفتوحة فتسرب منها الغازات وتلتهب أصبح الآن أخف كثيرا عن ذى قبل ويبنى من ألواح الصاج كما أصبح مقبول القيمة حتى يمكن الاستفادة من الغازات المتولدة فيه .

من الفرن فيساعد ذلك على تشع الحرارة من أسفله . وشكل (١٤) يبين الجزء الأسفل من الفرن بغاية الوضوح .



(شكل ١٤)

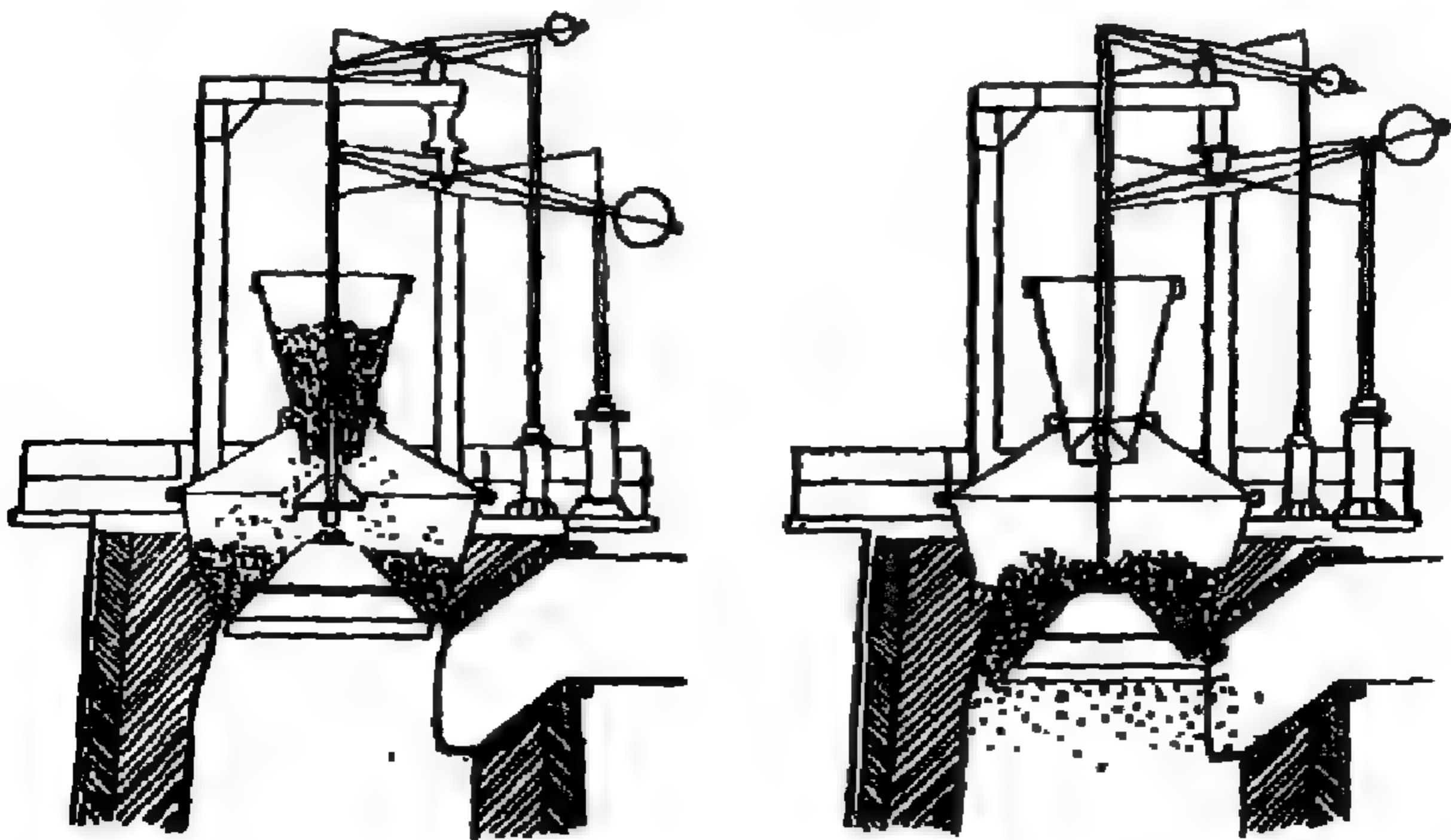
- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| (١) المرقد | (٦) الأعمدة الحاملة |
| (٢) الودنة | (٧) ماسورة توصيل الهواء للودنات |
| (٣) ماسورة الهواء | (٨) الغلاف الخارجي |
| (٤) فتحات جانبية لاشعاع الحرارة | (٩) دكة الأساس |
| (٥) المخروط الأسفل | |

أما تركيب الفرن من الداخل فالجزء الأسفل منه عبارة عن اسطوانة ذات قاع تدعى مرقد المعدن (الخزانة) ^(١) ثم يأتي فوق الاسطوانة مخروطان ناقصان متحدا القاعدة ينتهي الأسفل منهما بالأسطوانة وينتهي الأعلى بعنق الفرن المتصل بالفوهة . والمخروط الأعلى موضوع بحيث يتسع قطره تدريجاً الى أسفل لكن بدرجة ميل أشد من المخروط الأعلى . وهذا الوضع ضروري جداً للأسباب الآتية :

(١) مرقد المعدن هو جزء الفرن الذي يوضع فيه المعدن لتسخينه أو تحميده أو صهره وسنختصره الى لفظ "مرقد" فقط .

ان الشحنة عند نزولها من عنق الفرن الضيق الى جوف المخروط العلوى تتفرق أثناء هبوطها الى المناطق المتسعة من هذا المخروط فتختلط جيدا بعضها ببعض ثم تقل سرعتها فى هذه المناطق وتمكث فيها زمنا كافيا لإتمام بعض التفاعلات الكيميائية الضرورية . لكن فى المناطق السفلى للفرن حيث يحترق الوقود بسرعة وينصهر الحديد بسرعة أيضا فان الشحنة تنكش وينقص حجمها ويستدعى الأمر حينئذ أن يضيق المخروط الأسفل بدرجة ميل أكثر من المخروط الأعلى حتى يُضمن هبوط الشحنة نحو المرقد بانتظام .

وحينما ينصهر الحديد يتساقط أولا بأول فى المرقد ويتساقط معه الخبث الذى يطفو على وجهه نظرا لخفته . ولإخراج المعدن المصهور تفتح سداة من الطين الحرارى موضوعة فى ثقب فى أسفل المرقد غير ظاهر فى الرسم فيسيل المعدن المصهور منه . أما الخبث فإنه يخرج من ثقب آخر فى النهاية العليا للمرقد . وأما فوهة الفرن فتكون على شكل قادوس . ويصنع القادوس وغطاؤه من الزهر . ويصنع الغطاء على شكل ناقوس يُرفع ويُخفض عند الطلب . والناقوس متصل بإحدى طرفى رافعة مركب بطرفها الآخر ثقل موازن ، وشكل (١٥) يبين ناقوسا حديثا للأفران العالية . ومن النظر إلى الشكلين يفهم بسهولة طريقة الشحن ، وقد تكون من قادوسين يعلو أحدهما الآخر لمنع



(شكل ١٥ — القادوس)

تسرب الغازات عند شحن الفرن فيملا الفرن بوضع شحنة من الوقود والحديد الغفل ومساعد الصهر في القادوس العلوى فيؤثر ثقل الشحنة على الناقوس العلوى ويدفعه الى أسفل فتسقط الشحنة فى الناقوس الأسفل وتصير بمعزل عن الخارج بعد أن يغلق الناقوس العلوى^(١) ، ومتى تم ملء القادوس الأسفل يهبط ناقوسه فتسقط الشحنة الى الفرن . وفى العادة تثبت فى الروافع مانعة صدمة لمنع تصادم الناقوس بالقادوس . وتتكوّن مانعة الصدمة من اسطوانة مملوءة بالزيت يتحرك داخلها مكبس يتصل ساقه اتصالا مفصليا برافعة الناقوس ، ويتصل طرفا الاسطوانة ببعضهما ببعض بماصورة ينتقل بواسطتها الزيت من أحد طرفى الاسطوانة الى الطرف الآخر عند تحرك المكبس ، فبمقاومة هذا الزيت لحركة المكبس يمنع الرافعة من الصعود أو الهبوط بفأة برجة شديدة لأنها إن فعلت ذلك ينحشى من تصدع الناقوس أو القادوس من أثر الصدمة . وبتكرار عملية الشحن بهذه الطريقة يملأ الفرن حتى عنقه تقريبا .

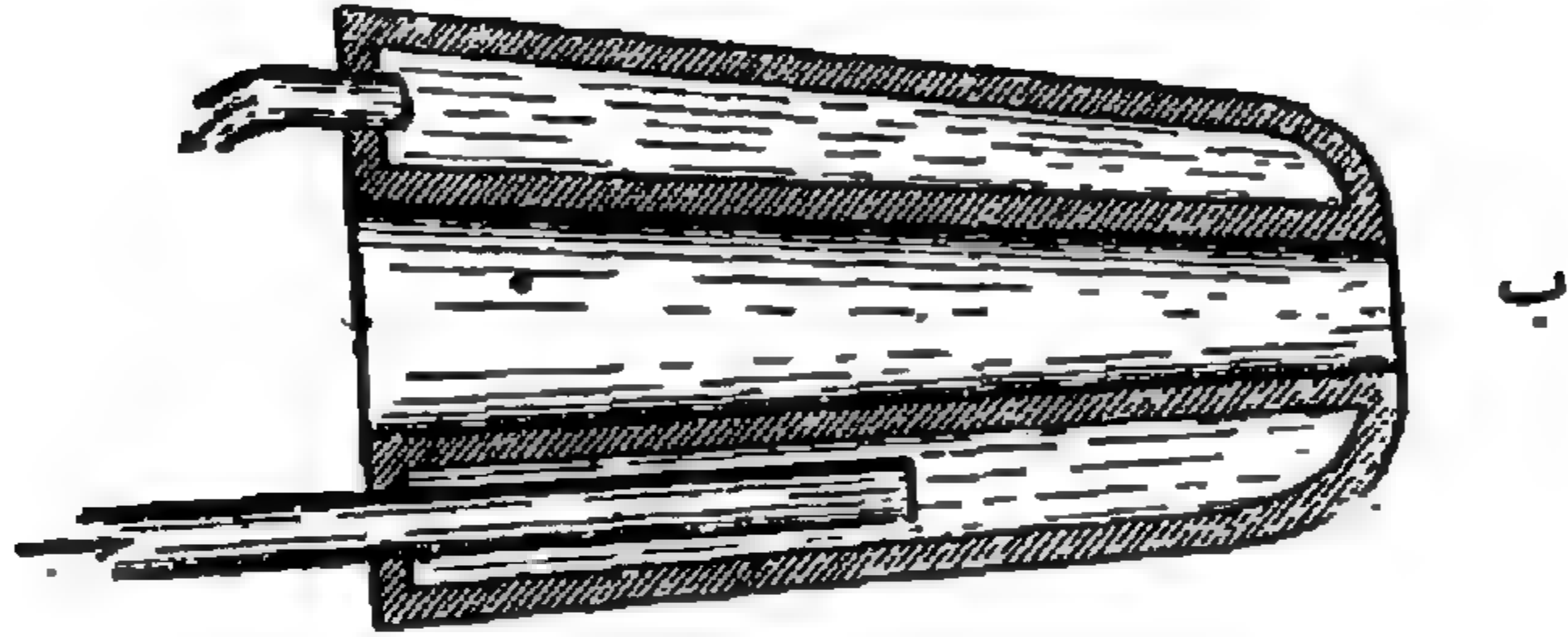
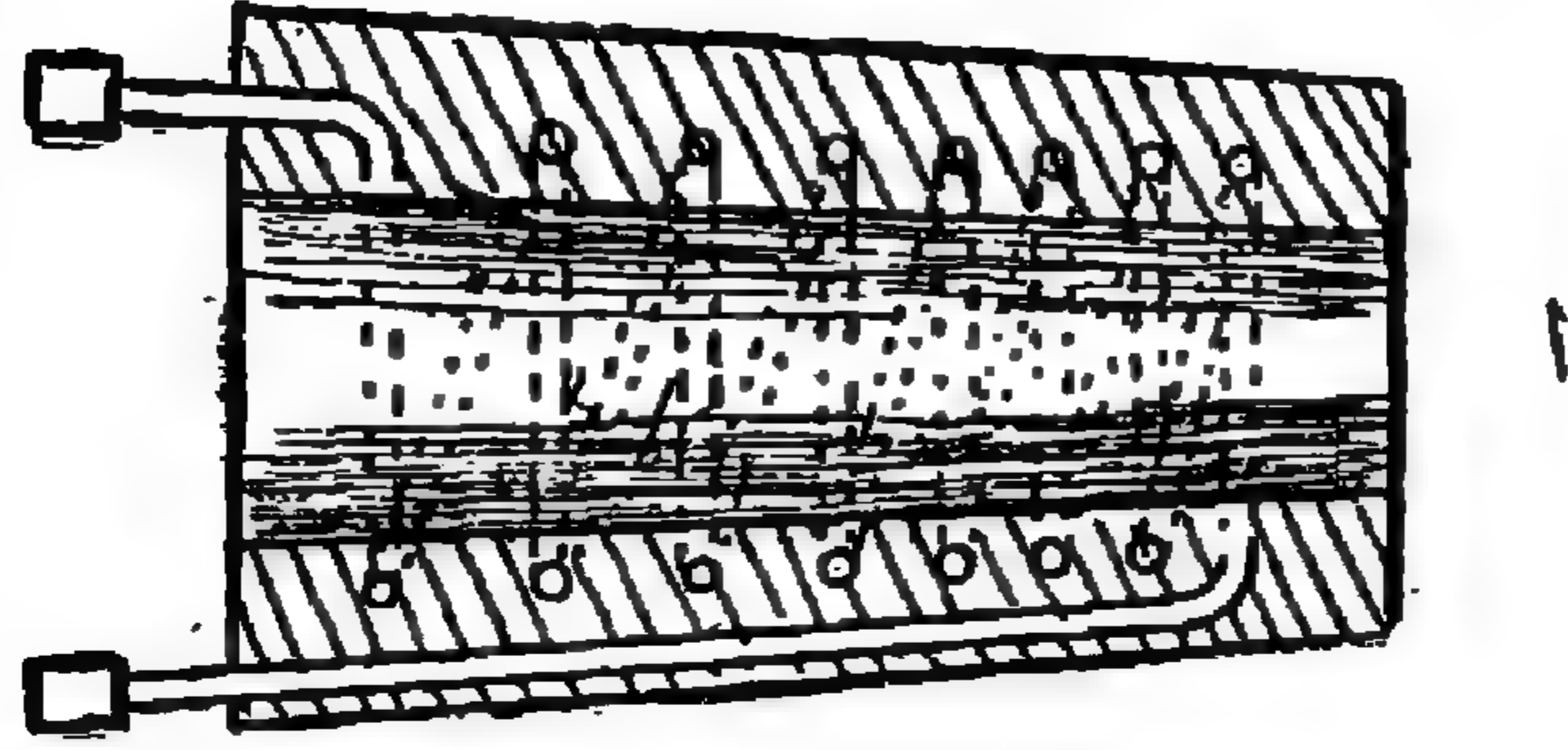
وفى النهاية العليا فى بعض الأفران يوجد سطح متسع (سندره) يمتد حول فوهة الفرن ويستخدم كستودع مؤقت لعربات الشحنة تخزن فيه قبل تغريفها فى جوف الفرن . وعربات الشحنة تسع الواحدة منها نحو طن واحد وترفع إلى السطح بواسطة مصاعد تشتغل بالماء أو بالبخار أو بالهواء المضغوط ثم تُفرغ فى القادوس على جوانب الناقوس . لكن فى الأفران الكبيرة لاسيما الحديثة الطراز توضع الشحنة فى قوادرى تتحرك آليا على مستومائل حتى تصل إلى قمة الفرن فتفرغ محتوياتها أنوماتيكيا على جوانب الناقوس بحيث لا تتراكم بعضها فوق بعض بل توزع بانتظام على محيط الناقوس .

(١) نظام الناقوس والقادوس يمنع تسرب الغازات من الفرن لكن قبل اختراعهما فى سنة ١٨٥٠ كانت الغازات تترك لتسرب فى الهواء ونظرا لارتفاع درجة حرارتها كانت تلهب وكان ضوء لهبها يرى على بعد عدة أميال .

ويرد الهواء إلى الفرن عن طريق ماسورة عمومية مقوسة على شكل حدوة
الفرس ومبطنة بالطوب الحرارى وتحيط بالجزء الأسفل من الفرن ما عدا
الواجهة . وتتصل هذه الماسورة بجوف الفرن بواسطة مواسير فرعية منتهية
ببوارى تدعى ودنات تنفذ من غلاف الفرن وبطائنه الحرارية بالقرب من
قمة الموقد . ويختلف عددها من أربعة إلى سبعة فى الأفران القديمة ومن
ثمانية إلى اثنى عشر فى الأفران الحديثة . وهى موزعة بانتظام على مسافات
متساوية فيمر الهواء منها إلى الفرن ويمده بكمية الأوكسجين اللازم للاحتراق
والاختزال . ولكل من هذه المواسير الفرعية محبس خاص لتنظيم كمية الهواء
المار بها كما أنه يوجد بكل منها فتحة مقفلة بقطعة من الميكال الشفافة يمكن
منها رؤية ما بداخل الفرن .

والغازات الناتجة من احتراق الوقود وانصهار الحديد الغفل وافرة الكمية .
وتمر من فتحة عند عنق الفرن قطرها من خمسة إلى ستة أقدام الى ماسورة
متسعة مبطنة بالطوب الحرارى تسمى الماسورة النازلة . ويوجد بين الفتحة
والماسورة المذكورة صمام يمكن بواسطته تحويل الغازات إلى هذه الماسورة
أو إلى ماسورة أخرى صغيرة تسمى الماسورة الصاعدة مفتوحة للهواء .
وأثناء اشتغال الفرن يكون الصمام عادة مفتوحا إلى الماسورة النازلة فتمر
الغازات منها إلى مصيدة الغبار ثم إلى سراديب سفلية تؤدي إلى الجهات
المطلوب استخدام الغازات فيها . ووظيفة هذه المصيدة جمع الغبار المندفع مع
الغازات أثناء خروجها من الفرن وفصله عنها لأنه مضر جدا لاسيما اذا كانت
الغازات تستخدم فى إدارة المحركات الغازية . لكن فى بعض الحالات قد
يدعو الأمر إلى تحويل الغازات للماسورة الصاعدة حيث تحترق هذه الغازات
عند الفوهة العليا لهذه الماسورة . وقد كان ذلك متبعيا فيما مضى عند هبوط
الناقوس لوضع الشحنة، لكنه قد أبطل تقريبا فى الوقت الحاضر . والودنات

السابق الإشارة إليها معرضة لحرارة الفرن الشديدة ، لذلك يلزم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع انصهارها . ولهذا الغرض قد صممت أنواع كثيرة من الودنات نكتفى بذكر اثنتين منها بشكل (١٦) فالودنة « أ » تكون



(شكل ١٦)

من بورى من الزهر مخروطى الشكل تمر بداخله ماسورة من الحديد على شكل ملف حلزونى لمرور مياه التبريد ، والودنة «ب» تكون من بورى يحيط به قميص لمرور مياه التبريد ، وتبين الأسهم الدورة الطبيعية للمياه . وعند اشتغال الفرن يسمح للماء البارد بالمرور فى الملف الحلزونى أو فى القميص فيمتص الحرارة من الودنة و يمنع انصهارها .

حجم الأفران العالية — الأفران ذات السعة الكبيرة أرجح عمليا من الوجهة الاقتصادية ، والأفران العظيمة الارتفاع تستهلك لكل طن من المعدن المنصهر كمية من الوقود أقل من الأفران القليلة الارتفاع وذلك لأن عظم ارتفاع الفرن يجعل المسافة التى تمر بها الغازات الصاعدة طويلة فتتمكن الشحنة من امتصاص أكبر كمية من الحرارة المخزونة فى هذه الغازات وبذلك يحصل وفر محسوس فى الوقود . لكن هناك حدا يلزم أن ينتهى عنده ارتفاع الفرن وهو

١٠٠ قدم تقريبا لأنه إن زاد عن ذلك ينسحق الوقود من ثقل الحديد الغفل المختلط به فيعيق سير الغازات المتصاعدة من الفرن ويفسد عملها وعلى ذلك فالأفران التي تستعمل وقودا أشد صلابة يمكن جعلها أكثر ارتفاعا . أما التي يكون وقودها سهل الانسحاق فيلزم ألا يزيد ارتفاعها عن ستين قدما كما في الأفران التي تستعمل فحم الخشب أو الفحم الحجري . والقطر الداخلي للفرن عند القاعدة المشتركة للخروطين يلزم أن يكون متناسبا مع الارتفاع بحيث لا يقل عن خمسة ولا يزيد عن خمسة لكن النسبة الأكثر استعمالا هي سبعين ($\frac{2}{7}$) وعلى العموم يلزم ألا يقل هذا القطر عن ١٧ قدما وألا يزيد عن ٢٣ قدما . أما إن زاد عن ذلك فانه يصعب على تيار الهواء النفاذ الى قلب منطقة المواد المنصهرة . لكن هذه القيود لا تمنع من وجود أفران تتجاوز أبعادها الحدود القصوى المذكورة أعلاه . وهذه الأفران هي غالبا من الطراز القديم ويصعب على أربابها تغييرها فيؤثرون تشغيلها بطريقة غير اقتصادية على تكبد مصاريف تغييرها .

الشحنة — وتتكون عادة من الحديد الغفل ومساعد الصهر والوقود بنسب مختلفة تبعا لنوع الحديد الغفل وأحيانا تبعا لطراز الفرن وتيار الهواء المستعمل فيه . فاذا كان نوع الحديد الغفل مثلا هو الهمايت الأحمر فإنه للحصول على طن واحد من الحديد المصهور (الزهر النخام) يلزم وضع شحنة مكونة من ٣٣ إلى ٤٠ قنطارا انجليزيا من الهمايت الأحمر ومن ٧ إلى ١٠ قناطير من حجر الجير ومن ١٩ إلى ٢٥ قنطارا من الفحم الكوك .

تيار الهواء — ويرد إلى الفرن عن طريق الودانات طيلة اشتغاله ، ويحتاج الفرن العالي المبنى على الطراز الحديث نحو خمسين ألف قدم مكعب من الهواء في الدقيقة ، وهذا الهواء يختلف ضغطه من ٣ أرطال إلى ١٥ رطلا على البوصة المربعة ، ويحضر بواسطة طلمبات هوائية تديرها محركات غاز تستمد وقودها من

غازات الأفران العالية . فالهواء ذو الضغط الواطئ (من ٣ — ٥) أرطال يستخدم في الأفران المتوسطة الحجم التي وقودها الفحم الحجري . والهواء ذو الضغط العالي يستخدم في الأفران الحديثة الكبيرة الحجم ، وكذلك في الأفران التي وقودها الفحم الكوك أو الفحم الانتراسيت ، أما في الأفران الصغيرة جدا التي وقودها الفحم الخشب فقد لا يزيد فيها ضغط الهواء عن نصف رطل .

تيار الهواء الساخن — كانت درجة حرارة الهواء المستخدم في الأفران العالية فيما مضى هي درجة حرارة الجو . لكن في عام ١٨٢٨ شرع نلسن (Nelson) في معمل الكليد باسكتلنده في استخدام الهواء الساخن فلم تمض بضعة سنين حتى صار استخدام هذا الهواء عاما .

ومزايا الهواء الساخن هي :

(أولا) أنه يجعل استخدام الفحم الحجري ممكنا بدلا من الكوك ويترتب على ذلك وفر كبير في مصاريف صهر وتكرير الحديد الغفل نظرا لرخص ثمن الفحم الحجري عن فحم الكوك .

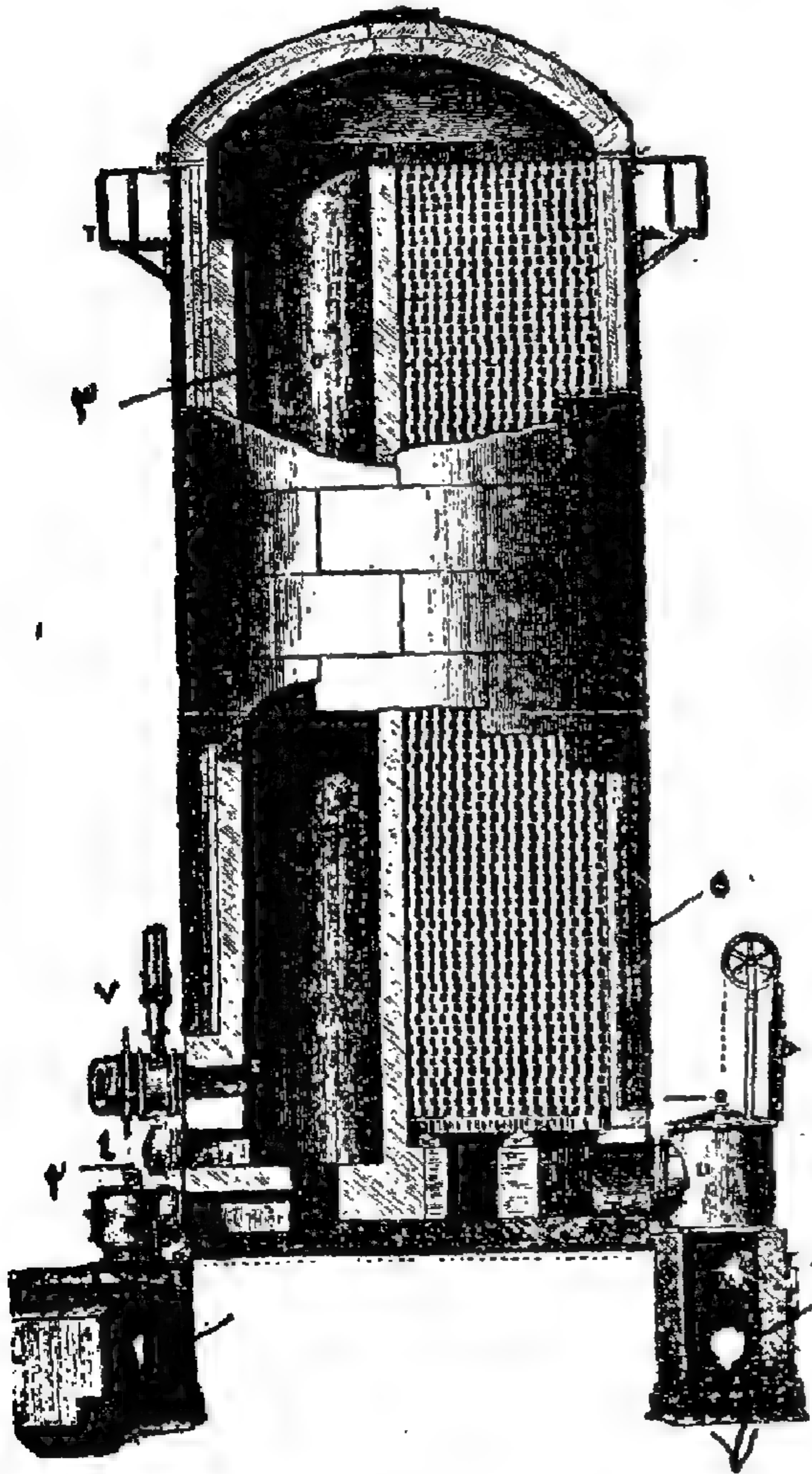
(ثانيا) أنه يحدث وفرا محسوسا في كمية الوقود اللازمة للفرن نظرا لورود الهواء الساخن بدلا من تسخينه داخل الفرن نفسه .

(ثالثا) أنه يجعل شغل الفرن أكثر انتظاما وأقل تأثرا بالمؤثرات الجوية .

ودرجة حرارة الهواء الساخن يختلف باختلاف نوع الوقود ونوع الحديد الغفل فاذا كان الوقود من فحم الخشب فإن الهواء يسخن إلى درجة تختلف من ٢٠٠° إلى ٣٥٠° مئوية . أما إذا كان الوقود من فحم الانتراسيت أو فحم الكوك فإن الهواء يسخن إلى درجة تختلف من ٧٠٠° إلى ٨٣٠° مئوية .

مسخنات الهواء — ويسخن الهواء بمروره داخل أجهزة تعرف باسم المسخنات الهوائية ، وأغلبها يشتغل على نظرية التبرجيع الحراري ، ويوضع منها

عادة لكل فرن اثنان فأكثر تشتغل بالتناوب ، وذلك إن كانت المسخّنات من النوع ذى الترجيع الحرارى . وشكل (١٧) يبين مسقطاً رأسياً لمسخن من هذا النوع ، وقد أزيل جزء من غلافه الخارجى لتظهر بعض تفاصيله الداخلية . ويتركب هذا المسخن من اسطوانة رأسية مصنوعة من ألواح الصاج ومبطنة بالطوب الحرارى داخلها قناة رأسية (٣) تسمى قناة الاحتراق ، وبجوار القناة غرفة (٥) محاذية لها ومملوءة بصفوف من الطوب الحرارى موضوعة بعضها فوق بعض بطريقة تسمح للغازات أو الهواء بحرية المرور خلال الطوب وتعرض أكبر سطح منه لامتصاص



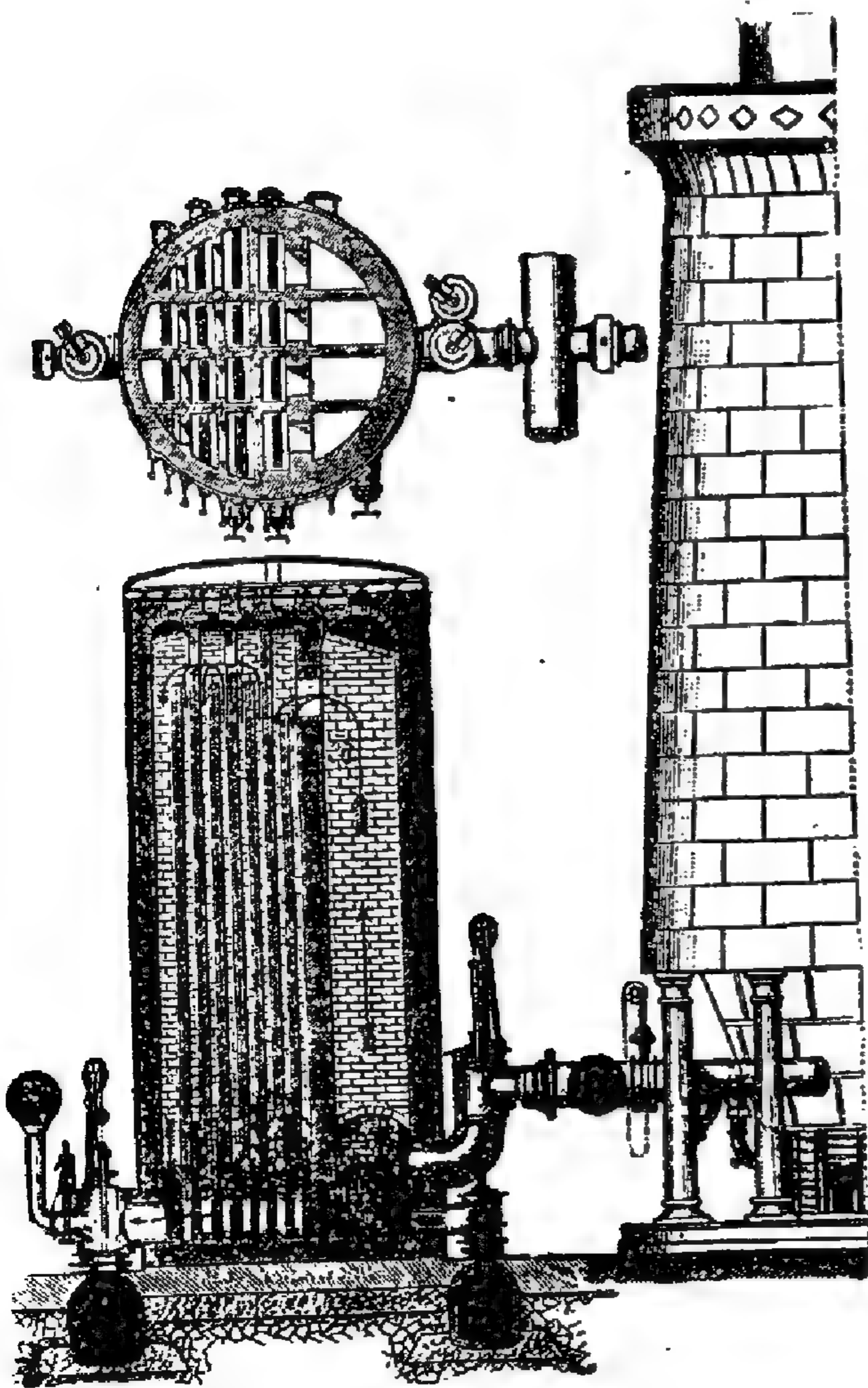
(شكل ١٧ — المسخن)

الحرارة أو ترجيعها وتسمى غرفة الترجيع . ويشتغل هذا المسخن كما يأتى :

ترد غازات الأفران العالية الى المسخن عن طريق السرداب (١) وتمر منه عن طريق الصمام (٢) إلى قناة الاحتراق (٣) حيث تختلط بالهواء الجوى الوارد عن طريق الصمام (٤) فتحترق . والغازات الناتجة عن هذا الاحتراق تنتشر صعوداً خلال القناة إلى قمة المسخن ثم تنعكس منه الى غرفة الترجيع

فتلامس سطح الطوب وتتخلل التجاويف الواقعة بينه فتتخلل له عن أغلب حرارتها ، ثم تترك الغرفة بعد أن تكون درجة حرارتها قد هبطت لما يقرب

من ١٥٠° — ٢٠٠° مئوية ، وتنفذ الى الجوع عن طريق المدخنة (٦) . وباستمرار مرور الغازات مدة قليلة تصل حرارة المسخن الى ما يقرب من ٩٠٠° مئوية وهي الدرجة المطلوبة ، وعندها يقفل صماما الهواء الجوى وغازات الأفران وكذلك صمام المدخنة ثم يفتح صمام (١) تيار الهواء البارد الوارد من الطلمبات والمطلوب تسخينه وكذلك صمام الهواء الساخن (٧) المؤدى للودنات فى الأفران العالية ، فيدخل تيار الهواء من أسفل غرفة الترجيع ويمر صعودا خلال الطوب الساخن فيسلبه أغلب حرارته ، ثم ينعكس



(شكل ١٨)

مسخن هواء وطريقة اتصاله بالأفرن العالى

من القمة إلى جوف قناة الاحتراق وينفذ منها الى الأفران العالية عن طريق الصمام (٧) حيث تكون درجة حرارته يناهز ٧٥٠° مئوية . ثم إنه فى الوقت نفسه الذى تجرى فيه عملية تسخين تيار الهواء فى هذا المسخن تجرى بالمسخن المجاور له عملية احتراق الغازات فى القناة وهكذا دواليك . وشكل (١٨) يبين مسخنا من نوع ثانٍ يختلف عن الأول فى أن غرف الترجيع فى الثانى

(١) هذا الصمام غير مبين بالرسم لكنه يقع فى أسفل غرفة الترجيع .

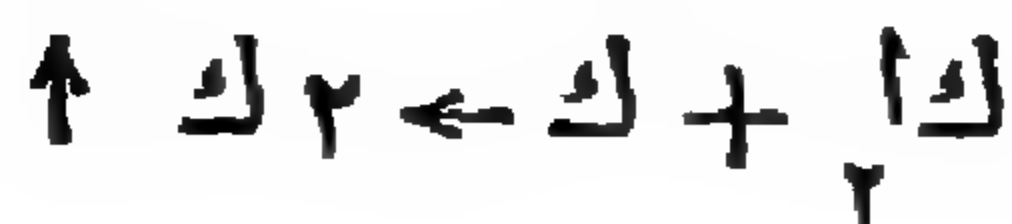
مكونة من جدران رأسية بدلا من الطوب الحراري ، وذلك زيادة في تسهيل عملية التنظيف ، وهذا الشكل يبين أيضا طريقة توصيل المسخن بالفرن العالي .

التفاعل الكيميائي للشحنة في الفرن العالي — يُشحن الفرن بشحنة مكونة من مادة الوقود ^(١) والحديد الغفل ومساعد الصهر . وسنبدا الآن بشرح الأدوار التي تترفيها كل مادة من مواد الشحنة في كل منطقة من مناطق الفرن . ويمكن بالتقريب تقسيم الفرن الى خمس مناطق : (١) منطقة الشحن (٢) منطقة التسخين (٣) منطقة الاختزال (٤) منطقة التكرين (٥) منطقة الانصهار . وطبيعى أن تكون درجة الحرارة متغيرة في كل منطقة وتختلف كثيرا عن الأخرى ومن الرسم (شكل ١٣) يمكن بالتقريب فهم تلك المناطق .

التفاعل الكيميائي للوقود — نفرض الآن أن الفرن متقد . ففي المنطقة السفلى للفرن وفوق سطح المعدن المنصهر حيث يتوافر الأوكسيجين الداخل مع الهواء الساخن يتحد أوكسيجين ذلك الهواء مع كربون الفحم الكوك مكونا ثاني أوكسيد الكربون :



ويحدث ذلك في منطقة الانصهار . وعند النهاية العليا لتلك المنطقة تخرج غازات ثاني أوكسيد الكربون حيث يبدأ أوكسيجين الهواء أن يقل تدريجيا فيتحد كربون الوقود مع ثاني أوكسيد الكربون الصاعد من منطقة الانصهار ويتحول الى أول أوكسيد الكربون كما هو ممثل في المعادلة الآتية :



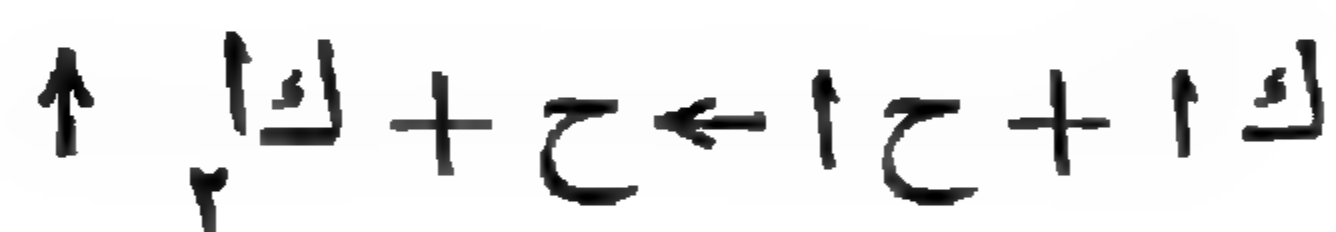
(١) في الأفران التي يستعمل فيها الفحم الحجري وقودا يتحول هذا الفحم الى فحم كوك

في المناطق العليا للفرن .

ويبدأ غاز أول أكسيد الكربون بعد خروجه من منطقة الانصهار ودخوله الى منطقة التكرين أن يلعب دوره المهم . ففي هذه المنطقة يمتص الحديد كمية من الكربون الموجود في أول أكسيد الكربون فيستحيل هذا الغاز إلى ثاني أكسيد الكربون مرة أخرى وتسمى تلك المنطقة منطقة التكرين نسبة لامتصاص الحديد كمية من الكربون ويخرج غاز ثاني أكسيد الكربون من منطقة التكرين حيث يدخل في منطقة الاختزال وفيها يكثر كربون الوقود لدرجة عظيمة فيسطو على غاز ثاني أكسيد الكربون ويرجعه الى أول أكسيد الكربون كما هو ممثل بالمعادلة الآتية :



ثم يبدأ غاز أول أكسيد الكربون أن يختزل الأوكسيجين الموجود في الحديد الغفل في منطقة الاختزال :



وسرعان ما يتكون ثاني أكسيد الكربون الذي يسطو عليه كربون منطقة الاختزال فيعيده الى أول أكسيد الكربون الذي يختزل مرة أخرى كمية من أوكسيجين الحديد الغفل ويستحيل إلى ثاني أكسيد الكربون كما هو ممثل بالمعادلة الآتية :



ويعجز تكون ثاني أكسيد الكربون يسطو عليه كربون منطقة الاختزال فيرجعه مرة أخرى إلى أول أكسيد الكربون الذي يتحد مع الحديد الغفل ويختزل كمية من الأوكسيجين كما في المعادلة الآتية :



وبإعادة النظر الى المعادلات السابقة وتأثير غاز أول أكسيد الكربون نجد أنه يتحول مرة الى ثانى أكسيد الكربون فيختزل جزءا من أوكسيجين الحديد الغفل ثم يتحول مرة أخرى الى أول أكسيد الكربون وهكذا دواليك .

وبالنسبة لغزارة كمية الكربون الموجودة في الفحم الكوك فإن كمية غاز أول أكسيد الكربون التي تخرج من منطقة الانصهار تكون كبيرة لدرجة أن جزءا منها هو الذى يلعب دور الاختزال بينما ينفذ الباقي خلال منطقة الانصهار حاملا معه كمية من الحرارة دون أن يلعب أى دور في الاختزال ويدخل منطقة التسخين حيث ينبذ جزءا من هذه الحرارة الى الشحنة الداخلة فيرفع درجة حرارتها وتساعد درجة الحرارة الوقود على تحلل مواده .

وفي منطقة التسخين حيث يكون الكربون غزيرا فانه يسطو على ثانى أكسيد الكربون الخارج من منطقة الاختزال فيرجع جزءا كبيرا منه الى أول أكسيد الكربون .

التفاعل الكيميائى للحديد الغفل — للحديد ثلاث أوكسيدات وهى :
أوكسيد الحديدوز (ح ١) وأوكسيد الحديدك (ح ٢ أ) وأوكسيد الحديد المغناطيسى (ح ٣ أ) . ويتوقف بدء التفاعل الكيميائى للحديد الغفل على نوع الغفل المستعمل فإن كان أوكسيد الحديدك (الهيماتيت الأحمر) تحول أولا إلى أوكسيد الحديد المغناطيسى ثم الى أوكسيد الحديدوز وبعدئذ الى حديد ، وإذا كان الغفل المستعمل هو أوكسيد الحديد المغناطيسى (الماجنتيت) تحول إلى أوكسيد الحديدوز كما يفهم ذلك مما يلى . وإذا كان الغفل المستعمل هو أوكسيد الحديدك فعند دخوله فى منطقة التسخين ترتفع درجة حرارته وينبذ جميع ابخرة المياه إن وجدت ، ويجرد مايدخل منطقة الاختزال يبدأ

الأخرى مكونا مادة قابلة للصهر تهبط الى قاع الفرن حيث تنصهر وتطفو فوق الحديد السائل لأنها أخف منه وهذه المادة هي خبث الحديد .

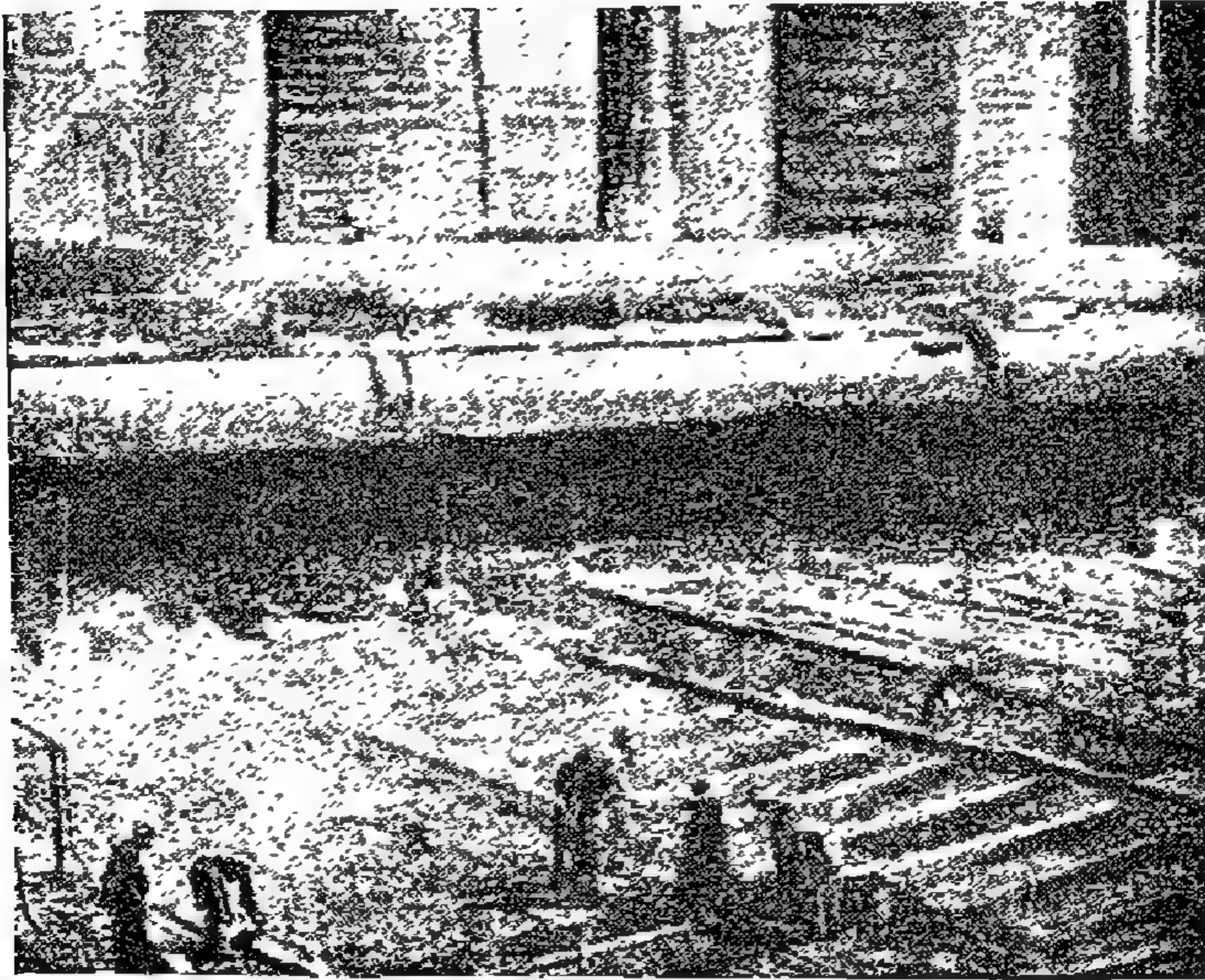
وخلاصة القول أن غاز أول أكسيد الكربون هو الذى يلعب أهم دور فى التفاعلات الكيميائية للفرن العالى .

استخراج المعدن المنصهر والخبث من الفرن — عندما يتم انصهار المعدن تفتح السدادة الخاصة بالخبث والمركبة على ثقب فى النهاية العليا للمرقد (الخزانة) فيسيل منه الخبث ويستقبل اما فى حفر • مصنوعة على شكل مخروط مقلوب فى وسطها سيخ فيتجمع الخبث حول السيخ ويتجمد ثم يربط فى سلسلة ونش ينقله الى عربات معدة خصيصا لهذا الغرض تحملها الى كومة الخبث ، وإما يستقبل مباشرة فى عربات تنقله الى الكومة المذكورة . فاذا ماسال كل الخبث أو جله تفتح السدادة الخاصة بالمعدن المنصهر (أى السائل) والمركبة على ثقب آخر قريب من قاع المرقد فيسيل منها المعدن حتى آخره ثم يتبعه الخبث الذى قد يكون متبقيا وطافيا على وجهه . لكن فى هذه اللحظة يبدأ الهواء فى الخروج بشدة من الثقب مصحوبا بشرر فعند ذلك يسد الثقب بسدادة من الطين الحرارى الطرى وتضغط بسيخ لتجمد .

والزمن اللازم لانصهار المعدن واستخراجه يعرف بالخبرة والمران وذلك بالنظر خلال الفتحات المغطاة بالميكال الشفافة . وهذا الزمن يختلف عادة من ست الى ثمانى ساعات ، وأحيانا الى اثنتى عشرة ساعة تبعا لحجم الفرن وسرعة الكير . ففى اسكتلندا مثلا يستخرج المعدن مرة كل ١٢ ساعة والكمية التى تستخرج كل مرة تبلغ نحو ٢٥ طنا .

الزهر الخام — المعدن المنصهر يسمى عند استخراجه زهرا خاما ، قد يستقبل فى قنوات مطبوعة فى الرمل على فرش منبسط أمام الفرن ومرتفع

قليلًا عن سطح الأرض (شكل ١٩) ثم يترك في هذه القنوات حتى يبرد من تلقاء نفسه أو بتسليط شؤبوب من الماء عليه وبعدها يرفع من القنوات فيكون على شكل كتل منشورية قطاعها على شكل (٢٥) وطول الواحدة منها نحو ثلاثة أقدام ووزنها نحو قطار انجليزي أى ١١٢ رطلا انجليزيًا . وهذه الكتل تسمى ” تماسيح الزهر الخام “ وتستخدم في صنع المشغولات التي تعمل من الزهر أو تستخدم في استخراج الحديد الخام كما سيأتى بعد . أما إذا كان الزهر الخام مطلوبًا لاستخراج صلب بسمرفانه يؤخذ غالبًا من الأفران مباشرة وهو سائل وينقل لمعالجته بطريقة بسمر .



(شكل ١٩ — فرش تماسيح الزهر الخام)

وفي بعض المصانع الانجليزية وكذلك في أغلب المصانع الأمريكية ذات الإنتاج الكبير تستخدم أجهزة آلية في صب تماسيح الزهر رغبة في الوفرة وكثرة الإنتاج . وأهم هذه الأجهزة الجهاز المعروف باسم يوهلينج (Uehling) ويتركب من سلسلة لانهاية على شكل دائرة مرصوص على محيطها وفي اتجاه

أنصاف أقطارها جملته قوالب معدنية. وتدور هذه السلسلة أفقيا وفوقها خلاط يستمد الزهر الخام من الأفران العالية فيسكبه في القوالب المعدنية أثناء دوران السلسلة. وبعد مرور كل قالب تحت الخلاط وملئه بالزهر الخام يسقط عليه شؤبوب من الماء لتبريده ، وعند وصول القالب لنقطة معينة يسقط منه تماسيح الزهر الخام في حوض من الماء لإتمام تبريده ، ثم تمر هذه التماسيح من حوض الماء على سير لانهاى الى عربات النقل . وهكذا تتكرر العملية باستمرار. والتماسيح الناتجة من هذه العملية تكون نظيفة جدا ، وخالية من الرمل لكن أكبر عيب فيها هو تبريدها الفجائى بالماء لأنه يجعلها ناشفة ولا تصلح كثيرا للاستعمال فى المسابك .

إلى هنا تنتهى عملية صهر الحديد الغفل وتحويله الى زهر خام سواء أكان سائلا أم على شكل تماسيح .

المحاصيل الثانوية للأفران العالية — المحصول الأساسى للأفران العالية هو الزهر الخام . لكن هناك أشياء أخرى ذات أهمية ثانوية تخرج من هذه الأفران ويطلق عليها اسم المحاصيل الثانوية وأهمها ما يأتى :

(١) خبث الحديد — وينتج منه نحو طن إلى طن ونصف لكل طن من الزهر الخام . ويستخدم هذا الخبث فى تزييت الطرق وخطوط السكك الحديدية وفى صناعة بعض أنواع الأسمنت . ويخلط أحيانا بجزء من الأسمنت العادى فتصنع منه بعض قوالب البناء وبعض قوالب رصف الطرق والشوارع. ويدخل الخبث أيضا فى صناعة مركب يدعى بالانجليزية (Slag wool) يستخدم كمادة عازلة .

(٢) الغازات — وتولد بكمية كبيرة جدا أثناء عملية صهر الحديد الغفل . وهى خليط من غازات مختلفة ممتزج بعضها ببعض ، منها ما يقبل

الاشتعال كأول أكسيد الكربون والهيدروجين وغاز المستنقعات ، ومنها ما لا يقبل الاشتعال كثاني أكسيد الكربون والأزوت . وتمر هذه الغازات بعد خروجها من الأفران العالية بأجهزة تكرير خاصة ليستخرج منها النشادر والقطران . والغازات المكررة تستخدم في توليد البخار بواسطة غلايات (مراجل) ذات أفران خاصة ومواسير لهب طويلة ، أو في توليد القوى مباشرة بواسطة محركات غاز ، أو في تسخين الهواء اللازم للأفران العالية وغير ذلك . أما القطران فيستخدم أحيانا كما هو ، أو يعالج بالتسخين والتقطير فينتج منه زفت (قار) وزيتان . فالزفت يستخدم في صناعة قوالب الوقود بمزجه مع تراب الفحم ، أو يستعمل في رصف الشوارع أو غير ذلك . أما الزيتان فهما زيت ليوسيجن (Lucigen oil) ويستعمل كوقود ثم زيت الكريوزوت (Creosot oil) ويحتوى على حامض الفينيك ويستخدم كمطهر .

الأفران الكهربائية — هي أحدث طراز في أفران صهر الحديد الغفل وتكريره . وقد نبئت فكرتها في الممالك التي يرتفع فيها ثمن الوقود لقلته لكن تتوافر فيها مساقط الماء لتوليد الكهرباء ، وبذلك يكون تشغيل الفرن الكهربائي في هذه الممالك أقل تكاليف من تشغيلها بالفحم . وتختلف هذه الأفران عن الأفران العالية في استغنائها عن تيار الهواء وفي مقدرتها على توليد درجات حرارة مرتفعة جدا . وهذان السببان يجعلان الفرن الكهربائي أقدر على عمليتي الاختزال والصهر من الفرن العالى ، كما أن القدرة على الاختزال تقلل من كمية الكبريت في الزهر الخام وتحولها إلى خبث وهذه ميزة أخرى . وهذه الأفران صغيرة الحجم وتفتقر إلى قليل من الفحم للمساعدة في عملية الاختزال . وقد أنشئت في بادئ الأمر في بلاد السويد لكن لم ينتشر استعمالها في صناعة الزهر الخام لدرجة تبرر التبسط في شرحها ، لذلك نكتفى بما ذكرناه عنها من قبيل العلم بالشئ فقط .

ومع أن الأفران الكهربائية لم تتيج بعد بصفة قاطعة في صناعة الزهر
الخام إلا أن هناك أنواعا منها قد نجحت نجاحا محسوسا في صناعة بعض
أنواع الصلب حتى أنها استخدمت لهذا الغرض في كثير من المصانع الكبيرة
وسنأتى على شرح موجز لها في الفصل الخاص بذلك .

الفصل السادس

الزهر الخام

الزهر الخام — الحديد المستخرج من الأفران العالية بالطريقة المشروحة تفصيليا في الفصل الخامس يسمى الزهر الخام ، سواء أكان سائلا أم صلبا على شكل تماسيح . وهو يحتوى على حديد وكربون وسليكون كبريتات أساسية بينما العناصر الأخرى التى توجد فيه ذات أهمية ثانوية .

الزهر — نظرا لكون الزهر الخام يحتوى عادة على كميات غير قليلة من الكربون والسليكون والفوسفور والكبريت وغير ذلك من المواد التى يتشربها أثناء عملية الصهر فى الأفران العالية فهو لا يصلح بهذه الحالة للاستعمال مباشرة فى صناعة المسبوكات ، فليجعله صالحا يلزم إعادة صهره فى المسابك بعد خلط نوعين أو أكثر منه بعضها ببعض حسب الطلب . ويعاد صهر الزهر الخام بوضعه إما فى بواق معرضة لنار قوية ناتجة من احتراق الفحم الكوك وإما فى أفران خاصة (دسوت)^(١) فيتخلص من بعض المواد الغريبة الموجودة فيه . ثم تتغير نسب تركيبه وفقا لنوع المشغولات المطلوب لها ، وبعد ذلك يصب فى قوالب على الشكل المطلوب ويطلق عليه حينئذ لفظ ” الزهر “ فقط تمييزا له من الحديد الخام والصلب . فإسطوانات المحركات والغلاف الخارجى للطمبات وقواعد الماكينات الخ كلها مصنوعة من الزهر . وقد يضاف للزهر الخام أثناء إعادة صهره جزء من الزهر الخردة القديم إذا كانت المشغولات المطلوبة من الطراز الرخيص الذى لا يستدعى تشكيلا

(١) دسوت جمع دست وهو الاسم الذى تعرف به أفران المسابك فى الورش المصرية .

خاصا على الماكينات أو إذا كان الزهر الخام طريا زيادة عن اللزوم والمشغولات المطلوبة منه ناشفة . فما تقدم أصبح لازما علينا أن نميز بين لفظتي ” الزهر “ و ” الزهر الخام “ وأن نعرف أن الأول ما هو إلا زهر خام محض أو مختلط بزهر خردة أعيد صهره في المسابك ثم أعطى أشكالا خاصة بصبه في قوالب .

والزهر على العموم أقل مستخرجات الحديد نقاء وهو ضعيف وهش ولا يمكن سحبه ولا طرقه . كذلك لا يمكن لحامه إلا بالكهرباء أو بطريقة الاوكسجين والاستلين وهو عادة أنشف من الحديد الخام وأقل منه مقاومة للثني والالتواء .

أنواع الزهر الخام — يختلف الزهر الخام في مظهره وقوته والأغراض التي يستخدم فيها . وهذا الاختلاف هو نتيجة لاختلاف تركيبه لا سيما في نسبة الكربون الموجودة به والحالة التي يكون هذا الكربون عليها ، وكذلك في نسبة الفوسفور لحدا ما . فالكربون يكون على حالة من اثنتين : إما متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد ويسمى ” الكربون المتحد “ وإما منفصلا غير متحد بل موزعا خلال ذرات الحديد على شكل قشور سوداء لماعة مختلفة الأحجام من الجرافيت ويسمى ” الكربون الحر “ أو ” الكربون الجرافيتي “ أما الفوسفور فإن أغلب الكمية الموجودة منه في الفرن العالي أثناء عملية الصهر تخرج بالزهر الخام ، فإن كان الزهر الخام مطلوبا لغرض يتحتم فيه أن يكون الفوسفور قليلا فيلزم من مبدأ الأمر اختيار حديد غفل ووقود ومساعد صهر تقل فيها جميعا نسبة الفوسفور . ويختلف الزهر الخام أيضا تبعا لنوع الحديد الغفل المستخرج منه وتبعا للحالة التي يكون عليها الفرن العالي أثناء عملية الصهر ، فإن كانت شحنة الفرن قليلة أو كانت درجة حرارتها مرتفعة فإن الزهر الخام الناتج يكون طريا ومقطعه رمادي اللون ويحتوى على نسبة كبيرة من السليكون والكربون الجرافيتي . وإذا كانت شحنة الفرن كبيرة ودرجة

حرارتها منخفضة نسبيا فان الزهر الخام الناتج يكون ناشفا ومقطعه أبيض ويحتوى على نسبة من الكربون والسليكون أقل مما فى الزهر الخام الرمادى ويكون أغلب كربونه متحدا .

فما ذكر يرى أن هناك أنواعا متعددة من الزهر الخام ، قد تبلغ لدى بعض المصانع ثمانية ولدى البعض الآخر تسعة أو عشرة . ولكن جرى العرف التجارى قديما — ولا يزال يجرى للآن فى بعض الممالك — على إدماجها كلها تحت ثلاثة أصناف فقط وهى :

زهر خام رمادى ، زهر خام أرقش (منقط) ، زهر خام أبيض .
وهذه الأسماء مشتقة من منظر مقطع الزهر الخام ولونه عند كسر تماسيحه وهى طازجة .

فالصنف الرمادى يكون أغلب الكربون الداخلى فى تركيبه حرا على شكل قشور سوداء لماعة مختلفة الأحجام من الجرافيت ، فيأخذ مقطعه لونا رماديا وتكون حيبياته خشنة . ويختلف الصنف الرمادى عن الصنف الأبيض فى كونه أكثر لدونة (طراوة) وأكثر مقاومة للثنى والالتواء والشد ويحتوى على نسبة أكبر من المانجنيز والسليكون ونسبة أقل من الكبريت . ولكونه أكثر سيولة عند الانصهار . ويمتد قليلا عند انتقاله من سائل الى صلب وهو ساخن ، لذلك فهو أصلح لعمل مسبوكات نظيفة محدودة الأركان ناطقة التفاصيل . فيستخدم غالبا فى صنع المسبوكات الزخرفية الدقيقة . وهذا الصنف يصلح فى الوقت نفسه للتحويل الى حديد خام وهو يستخدم فعلا بكيات وافرة فى هذا الغرض . وكية الكربون الحرفى الصنف الرمادى كبيرة نسبيا وكية الكربون المتحد صغيرة جدا ، فاذا ما زادت الثانية قلت الأولى يصبح أنشف وأمتن وتصير حيبيات مقطعه أكثر اندماجا .

أما إذا وصلت كمية الكربون المتحد الى ما يقرب من واحد في المائة فان المعدن — مع احتفاظه بمقاومته للشد — يخرج من دائرة الصنف الرمادي.

وحينما تتعادل تقريبا كميات الكربون المتحد والكربون الحرفيه فإن مقطعه يصبح أرقشا (منقطا) ويسمى حينئذ بالزهر الحام الأرقش . والصنف الأرقش يصلح للسبوكات المتينة كما في أجزاء الآلات والمحركات .

أما الصنف الأبيض فإن مقطعه فضي اللون وناعم وحيياته مندمجة جدا وهو أنشف وأكثر هشاشة من باقي الأصناف، ولكنه أكثر مقاومة للضغط وأقل مقاومة للثني والالتواء والشد . وأغلب كربونه متحد . ويتحول الى مادة عجينية عند انتقاله من صلب الى سائل قبيل درجة الانصهار، وعلى ذلك لا يصلح لعمل المسبوكات . ويكاد يكون استخدامه في الصناعة مقصورا على تحويله إلى حديد خام .

والجدول الآتي يبين بصفة تقريبية تركيب نماذج من هذه الأصناف الثلاثة :

المادة	رمادي	أرقش (منقط)	أبيض
حديد	٩١٫٢١	٩٤٫١٤	٩٤٫٤٥
كربون متحد	٠٫٢٥	١٫٦٠	٢٫٩٠
كربون جرافيتي	٣٫٣٠	١٫٣٨	٠٫٢٠
سليكون	٢٫٩٢	٠٫٨٠	٠٫٥٠
كبريت	٠٫٠٢	٠٫١٨	٠٫٢٥
فوسفور	١٫٥٠	١٫٤٠	١٫٤٠
مانجنيز	٠٫٨٠	٠٫٥٠	٠٫٣٠
المجموع	١٠٠٫٠٠	١٠٠٫٠٠	١٠٠٫٠٠

ويلزم ألا تؤخذ هذه النسب قياسا لأن الصنف الرمادى تختلف أنواعه من ثلاث الى أربع ، والصنف الأبيض تختلف أنواعه من أربع الى خمس ، وبطبيعة الحال تختلف نسب التركيب لكل نوع . والجداول السابق لم يذكر إلا نوعا واحدا من كل صنف كمثال .

وقد كان العرف التجارى فيما مضى يقضى بفصل الأصناف بعضها عن بعض فيجعل الصنف الرمادى محتويا على أربعة أنواع فقط . أما ما خرج لونه عن دائرة الرمادى وضرب الى البياض فيدخل تحت الصنفين المنقط والأبيض . ولكن الحالة تغيرت في الوقت الحاضر في الممالك الصناعية لا سيما في إنجلترا وصار يعطى لجميع الأنواع دورة عددية تبعا للونها ، فتعطى نمرة (١) لأغمق الأنواع الرمادية ثم تزداد النمرة تدريجيا كلما ضرب اللون الى البياض ، حتى إذا ما وصلت النمرة الى (٨) يصبح اللون أبيض . ثم تأتى بعد ذلك نمرة (٩) وقد اصطلح على تسميتها (الزجاجى) ، كما اصطلح على تسمية نمرة (١٠) (الأبيض الزجاجى) ، وعلى ذلك فكل نمرة من هذه النمر العشر لها تركيبها الخاص .

أما المواد الغريبة الأخرى الداخلة في تركيب الزهر الخام فأهمها السليكون والكبريت والفوسفور والمانجنيز وتأثيرها على خصائصه تتلخص فيما يأتى :

السليكون — ويكون في الزهر دائما متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد بنسب تختلف من ٥,٠ في المائة إلى ٥ في المائة . ومن خصائصه أنه إن اتحد مع عنصر الحديد بمفرده يكسبه نشوفا لكنه في الزهر الخام — حيث توجد عناصر أخرى معها — يكون تأثيره بعكس ذلك تماما أى أنه يجعل الزهر الخام طريا . والسبب في ذلك أن السليكون يضعف من قابلية الحديد

للاتحاد كيميائيا مع الكربون فيجعل أغلب الكربون حرا على شكل قشور من الجرافيت ، ويترب على ذلك أن يصبح الزهر انحام طريا . ومن هذا نرى أن السليكون يلعب دورا هاما في تحديد درجة نشوافة الزهر انحام ، فكلما زادت نسبة السليكون في الزهر انحام كان هذا الزهر أطرى وأكثر قابلية للصهر والسيولة وأكثر مقاومة للثني والالتواء . كذلك اذا كان لدينا زهر خام أبيض ناشف فانه يمكننا تحويله الى زهر رمادى طرى لأية درجة مطلوبة بإضافة كميات مناسبة من السليكون عليه . وعلى العموم لا تزيد نسبة السليكون في الزهر انحام عن ٥ في المائة .

وقد أثبتت التجارب التي أجراها الأستاذ (M. Thomas Turner) توماس ترنربكلية ماسون في برمنجهام أن صنع الزهر انحام الطرى بهذه الطريقة أحسن كثيرا من استخراجة مباشرة من الأفران العالية لأنه في هذه الحالة يكون أكثر لدونة وأقل عيوباً كما أن حبيبات مقطعه تكون أكثر اندماجا .

الكبريت - ويكون في الزهر انحام متحدا كيميائيا مع عنصر الحديد ومن خصائصه أنه يزيد قابلية الحديد للاتحاد مع الكربون فيجعل الزهر انحام ناشفا ، أى أنه يعمل بعكس السليكون تماما . وعلى ذلك أصبح لزماما على السباك أن يوفق بين نسب هاتين المادتين حتى يصل الى جعل الزهر مناسباً لطبيعة المسبوكات المطلوبة .

ويلزم ألا تزيد نسبة الكبريت في الزهر انحام الجيد عن ٠,١٥ في المائة لكن يمكن السماح بوجود ٠,٣ في المائة في الزهر انحام المستخدم في المسبوكات التي لا تحتاج للخراطة والبرادة كالأعمدة وما شاكلها . كذلك يلزم أن لا تزيد هذه النسبة عن ٠,٥ في المائة في الزهر انحام المطلوب تحويله إلى صلب

لأن الكبريت لا يمكن استئصاله عادة أثناء عملية التحويل . فإن زادت النسبة عن ذلك يكون الصلب الناتج هشاً على الساخن ، وهذا عيب كبير في الصلب .

الفوسفور — ويكون في الزهر الخام متحدا كيميائياً مع عنصر الحديد . ومن خصائصه أنه يجعل مقطع الزهر الخام أكثر تبلورا . وإن زادت نسبته عن ١,٥ في المائة فإنه يضعف من مقاومته للشد ، لكن إن نقصت النسبة عن ٠,٧٥ في المائة فلا يكون للفوسفور تأثير بالكلية على مقاومة المعدن للشد ، وعلى العموم إن كانت نسبة الفوسفور عادية فلا يكون له تأثير قط على نشوفا الزهر أو طراوته ، لكنه يجعله فقط ينصهر على درجة حرارة منخفضة كما يجعله أكثر ميوعة (سيولة) عند صهره ويجعله أكثر قابلية للكسر . وهذه الصفات تكون أظهر أثرا في الزهر الخام المحتوي على نسب كبيرة من الفوسفور فتجعله غير صالح إلا للسبوكات الرخيصة التي لا يهتم كسرها وكذلك للسبوكات ذات الشكل الدقيق التي لا يهتم فيها المتانة والتي لا يمكن سبكها إلا من زهر خام سريع السيولة .

المانجنيز — ويكون في الزهر الخام متحدا كيميائياً بنسب لا تزيد عن ٢,٥ في المائة ويساعد بمفرده على جعل الزهر الخام أبيض ناشفا وهشا . لكن نظرا لوجود الكبريت في الزهر الخام وشراهة المانجنيز للكبريت فإن جزءا كبيرا من المانجنيز يتحد مع الكبريت وتكون نتيجة هذا الاتحاد تطرية الزهر الخام أكثر من تنشيفه إذا كانت نسبة المانجنيز الموجودة في الزهر الخام أقل من واحد في المائة . وهذه ظاهرة غريبة لأن كلا من المانجنيز والكبريت يساعد على تنشيف الزهر الخام إن وجد بمفرده لكن وجودهما معا يؤدي الى عكس ذلك . وقد جرت العادة في المسابك بتحويل الزهر الخام

الناشف المحتوى على نسبة كبيرة من الكبريت الى زهر خام طرى بإضافة كمية من المانجنيز عليه .

ويوجد أحيانا في الزهر الخام زيادة عما سبق نسب صغيرة من التيتانيوم^(١) والنحاس والقصدير . لكن أثر هذه المواد على خصائص الزهر الخام يكاد لا يذكر ما عدا في الحالات التي لا تزيد فيها نسبة النحاس عن ٢,٠ في المائة فإنها تقلل من جودته في أعمال السباكة وفي التحويل إلى صلب .

(١) يستخرج هذا العنصر بكثرة من رمال الصحراء في البلاد المصرية .

الفصل السابع

الحديد الخام

الحديد الخام — (Wrought iron) جرى العرف الصناعى والتجارى فى البلاد المصرية على تسمية هذا النوع من مستخرجات الحديد الغفل (بالحديد الخام) تميزا له عن الزهر والصلب بأنواعهما . وقد جرت بعض الكتب العلمية المصرية على إطلاق اسم "الحديد المطروق" عليه نظرا لقابليته للطرق دون أن ينكسر أو يتفتت خلافا للزهر وبعض أنواع الصلب الناشف. أما فى انجلترا فقد اصطلاحوا على تسميته (Wrought iron) ومعناها الحرفى "الحديد المشغول" وكذلك (Malleable iron) ومعناها الحرفى "الحديد القابل للطرق" وذلك لأنه يمكن طرقه وتشكيله الى أى شكل يراد . ويسمونه أحيانا (Bar iron) ومعناها الحرفى "حديد السيقان" وذلك لظهوره فى السوق بهذا الشكل غالبا . والاسم الأول وهو (Wrought iron) أشهرها وأعمها لكن بما أن بعض أنواع الصلب الطرى تشاطره الصفات التى اشتقت منها هذه الأسماء كالقابلية للطرق والتشكيل الخ لذلك نرى أن تسمية "الحديد الخام" أوفق وأبعد عن اللبس والإبهام ، ولهذا آثرنا إطلاق هذا الاسم عليه لا سيما أنه يماشى العرف الدارج فى الورش والأسواق المصرية .

والحديد الخام هو النوع الوحيد من مستخرجات الحديد الغفل الذى كان معروفا من قبل لدى القدماء وكان يستخدم لديهم على الأخص فى الأعمال الزخرفية . أما الزهر والصلب فانهما حديثا العهد نسبيا .

تعريف الحديد الخام — يعرف الحديد الخام عادة بأنه أحد مستخرجات الحديد الغفل الذى يحتوى على أكبر نسبة من عنصر الحديد وأقل نسبة من الكربون والمواد الغريبة الأخرى اذا قورن بغيره من هذه المستخرجات فنسبة الحديد فيه قد تصل الى ٩٩,٥ فى المائة ، ونسبة الكربون قد تقل فيه الى ٠,٤ فى المائة ، وقلما تزيد عن ٠,٢٥ فى المائة ، كما أن نسب السليكون والفوسفور والكبريت والمانجنيز تكون فيه قليلة جدا . لكن هذا التعريف وإن كان يمثل الحقيقة الواقعة إلا أنه ليس صحيحا من الوجهة الكيميائية . اذ يمكن صنع صلب طرى يماثل الحديد الخام فى قلة احتوائه على الكربون والمواد الغريبة الأخرى ، ولو أن مثل هذا الصلب لا يصنع عادة . وقد رأى بعض الباحثين أن أحسن ما يميز به الحديد الخام عن الصلب الطرى هو أن الأول يحتوى دوما على ذرات من الأوكسيد والخبث ممتزجة بمادته ، ولا يستخرج بطريقة الصهر ثم الصب كالصلب الطرى ، بل يستخرج على شكل كتل عجينية يلحم بعضها ببعض بواسطة الضغط .

خصائص الحديد الخام — يختلف لون الحديد الخام تبعا لطرائق معالجته أثناء صنعه من حيث الطرق والامرار بآلات الجلف وغير ذلك ، فتارة يكون أزرق قاتما وطورا يكون رماديا ضاربا للسواد . ومنظر مقطعه عقب عمليات الطرق والامرار بآلات الجلف يختلف تبعا لنوعه ، فان كان طريا يكون مقطعه ذا ألياف ، وإن كان ناشفا يكون مقطعه محببا (متبلورا) . أما اذا كان من الأنواع الجيدة جدا فان منظر مقطعه يكون حريرا ذا ألياف ، لكنه يصبح محببا اذا تعرض لطرقات متكررة أو اهتزازات مستمرة . وعلى العموم فمقطع الحديد الخام لا يدل على نوعه ، لأن هذا المقطع يتغير منظره تبعا لطريقة قطعه . فان تم القطع بطريقة واحدة قوية يكون منظر المقطع

حريريا ، وان تم القطع بتسليط قوة عليه تزداد تدريجيا يكون منظر المقطع ذا ألياف .

والحديد الخام من أكثر المعادن قابلية للطرق والسحب ، وقد أمكن طرقه الى ألواح رقيقة سمكها نحو $\frac{1}{77}$ من البوصة ، كذلك أمكن طرقه الى ألواح أرق كثيرا سمكها نحو $\frac{1}{155}$ من البوصة حسب رواية بعض المصادر . وهو معدن لدن (طرى) يلى الحديد النقي مباشرة فى لدونته ، سهل اللحام . ويقاوم الشد والالتواء جيدا ، ويصهر بصعوبة ، ودرجة صهره تختلف من 1600° — 2100° مئوية تبعا لكمية الكربون والمواد الغريبة الداخلة فى تركيبه ، ويتحول الى حالة عجينية قبل وصوله الى درجة الصهر ، وهذا مما يساعد على سهولة لحامه . ويمكن طرقه بسهولة وإعطاؤه أى شكل يراد عند تسخينه الى درجة الاحمرار . ولا يصدأ مهما طال تعرضه للهواء الجاف أو الأوكسجين فى درجات الحرارة العادية لكنه يصدأ بسهولة إذا كان الهواء محتويا على بخار الماء وكذلك يصدأ بسرعة اذا عرض للهواء وهو ساخن لدرجة الاحمرار ، وعندئذ تتكون على سطحه قشرة من أوكسيد الحديد تنفصل عنه عند طرقه . وإذا سخن الحديد الخام للدرجة البيضاء يحترق ويتطاير الشرر من سطحه ويصبح غير قابل للحام . وطرق الحديد الخام باستمرار وهو بارد يكسبه نشوافة وهشاشة ، ويجعل مقطعه محببا . وهو كثير الشبه بالصلب الطرى فى خصائصه واستعماله وفى قابليته للتغليف السطحى وعدم قابليته للتقسية وذلك بعكس الصلب الناشف الذى يمتاز بهذه الخاصية .

استخراج الحديد الخام — يستخرج الحديد الخام إما من الحديد الغفل مباشرة وإما من الزهر الخام .

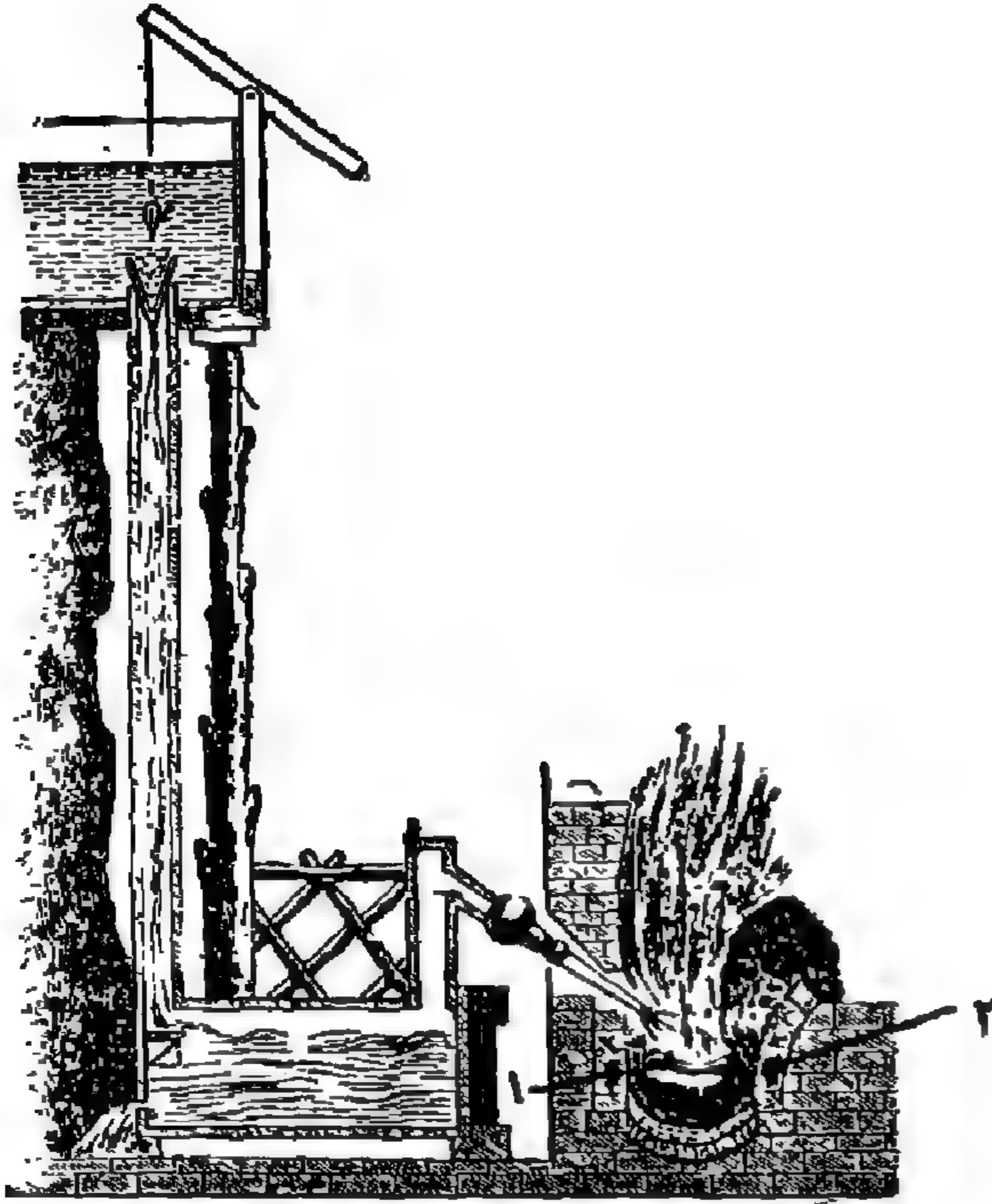
واستخراجه من الحديد الغفل مباشرة يكون بصهره في أفران من طراز
” كاتلان “ أو من طراز الفرن الأمريكية . وسبق لنا أن ذكرنا في نهاية
الفصل الرابع أن هذه الأفران تقوم على أبسط القواعد القطرية الساذجة ،
وأن قيمتها قليلة من وجهة الإنتاج الاقتصادى . لكن نظرا لما لها من
القيمة التاريخية ولكونها تمثل الحاطرة الأولى التى خطرت للأقدمين عن
صناعة الحديد الخام وأيضا لكونها لا تزال تستخدم الى وقتنا هذا فى بعض
جهات العالم . فانتا لا ترى بأسا من أن نأتى بوصف موجز لها لعلنا
نستلهم منها فكرة صالحة تساعدنا اذا ما اعترمنا يوما ما صناعة الحديد الخام
مباشرة من الحديد الغفل الذى دلت المباحث الأخيرة على وجوده بكميات
غير قليلة فى البلاد المصرية .

فرن كاتلان — لا يستخدم فيه عادة من الحديد الغفل إلا ما كان سهل
الانصهار وغنيا بعنصر الحديد . كذلك لا يستعمل فيه من الوقود إلا فحم
الخشب لتوافره ورخص ثمنه فى الأصقاع التى يستخدم فيها هذا الفرن .
ويستهلك هذا الفرن كمية كبيرة من الوقود اذا قورن بغيره من أفران الحديد
الخام الحديثة الطراز . كما أنه يتطلب مجهودا صناعيا شاقا وأيدٍ عاملة
كثيرة بالنسبة لانتاجه . هذا فضلا عن كمية الحديد الكبيرة التى تضيع فيه
هدرا أثناء عملية التحويل .

وشكل (٢٠) يبين قطاعا رأسيا لهذا الفرن ويتكون من موقد على شكل
صندوق مقعر ارتفاعه نحو ٣ أقدام وطول ضلع فوهته نحو ٢,٥ قدم .
ويضيق الموقد تدريجيا إلى أسفل حتى يصبح ضلع قاعه نحو ٢ — ٢

وجسم الفرن مبنى بالطوب الحرارى وقاع الموقد بالطوب الرملى أو الحجر الحرارى أما الجداران (١) و (٢) فبنيان بكمل ثقيلة من الحديد والجدار (٢) مقوس ، ويوجد بظهر الموقد فتحة الودنة وهى مخروطية الشكل ومصنوعة من ألواح من النحاس تثبت مائلة على زاوية تختلف من ٣٠ الى ٤٠ مع قاع الموقد ، وينفذ منها بورى الهواء . ويتولد تيار الهواء من متفاخ مائى

مبين تفصيليا فى الشكل ، ولهذا السبب يكون الهواء مثقلا ينحار الماء فتترك فى جدران البناء فتحات تسمح بخروج الرطوبة وقت اشتغال الفرن .



(شكل ٢٠ — فرن كاتلان ومتفاخه المائى)

واليك طريقة تشغيل ذلك الفرن :

ينظف الموقد أولا من بقايا الشحنة السابقة وحيث

يكون قاعه مرتفع الحرارة لدرجة الاحمرار فينثر عليه فحم الخشب متقدا . وعند ما يبدأ هذا الفحم فى التوهج تقذف فوقه كمية أخرى من فحم الخشب حتى تصل إلى مستوى الودنة ، ثم يوضع فوق ذلك لوح من الحديد بحيث يقسم الموقد رأسيا إلى قسمين : فالقسم المتاخم للودنة يملأ بفحم الخشب والقسم الثانى المتاخم للجدار المقوس (٢) يملأ بالحديد الغفل المكسر مبدئيا إلى قطع صغيرة لا تزيد فى حجمها عن البيضة . ثم يرفع اللوح فيتراكم الحديد الغفل على الجدار المقوس

وعندئذ يغطي سطحه بقطع صغيرة من الحديد الغفل وفحم الخشب المبتل .
وفي الوقت نفسه يملأ الفراغ الكائن بين الحديد الغفل والودنة بقطع كبيرة
من فحم الخشب ، ثم يسلط عليه تيار بطيء من الهواء ، فاذا ما ارتفعت
درجة الحرارة تبدأ عملية اختزال المعدن ، فتهبط الشحنة نحو قاع الموقد ،
ثم يملأ الفراغ الناتج عن ذلك بفحم الخشب . وبما أن المعدن يكون حينئذ
في حالة عجينية اسفنجية فانه يهبط إلى قاع الموقد ويتجمع فيه ويهبط
الخبث فوقه . وأثناء هبوطهما يكون العمال دائبين على تحريكهما وتوجيههما
ناحية بورى الهواء حيث تشتد سخوتهما . ويحسن فصل الخبث عندئذ
عن الحديد . فاذا ما انقضى نحو خمس ساعات من بدء العملية يكون المعدن
المتجمع فوق قاع الموقد كافيا لأن تستخرج منه كتلة حديدية . فيسحب
من الموقد ويكبس تحت مطرقة قوية فينطرد منه الخبث والمواد الأخرى
وتلتحم أجزاؤه وتتكون منه كتلة واحدة متماسكة .

والشحنة المركبة من أحد عشر قنطارا من فحم الخشب ومن نحو عشرة
قناطير من الحديد الغفل المحتوى على ٤٥ إلى ٤٨ في المائة من عنصر الحديد
تستغرق نحو ست ساعات كاملة من بدء وضعها في الفرن إلى أن تتحول إلى
حديد خام على شكل سيقان . وهذا الزمن يشمل عملية التحويل في الفرن
وإخراج المعدن منه ثم كبسه وتقطيعه وإعادة تسخينه وطرقه ثم سحبه
إلى سيقان .

وبستخرج الحديد الخام من الزهر الخام باختزال كمية الكربون والمواد
الغريبة الأخرى الداخلة في تركيب الأخير ، وذلك بأكسدة جزء كبير

من هذه المواد . ويظهر أثر هذا الاختزال بوضوح تام من الجدول الآتى المبين به تركيب نوع من الزهر الخام ونوع من الحديد الخام المتوسط الجودة المستخرج منه :

التركيب	الزهر الخام	الحديد الخام
حديد	٩١,٤٢	٩٦,٨٥
كربون جرافيتى	٣,٢٠	—
كربون متحد	٠,٥٠	٠٠,٠٤
سليكون	٢,٦٠	٠,٢٥
كبريت	٠,٠٨	٠,٠٣
فوسفور	١,٦٠	٠,١٦
مانجنيز	٠,٦٠	٠,٠١
خبث	—	٢,٦٦
المجموع	١٠٠,٠٠	١٠٠,٠٠

وهناك طريقتان لاستخراج الحديد الخام من الزهر الخام وهما :

(الأولى) طريقة التكرير — يتم الاختزال فيها بفعل الهواء . وتتلخص هذه الطريقة فى وضع الزهر الخام فى فرن يسمى فرن التكرير ، ويسخن حتى ينصهر ، ثم يسلط عليه تيار قوى من الهواء بواسطة بوارى تنفذ من ودنات ، فيتحد أوكسجين الهواء مع الكربون والفوسفور وغيرها من المواد الغريبة فيؤكسدها ، ويترك الحديد قويا تقريبا . لكن هذه الطريقة أصبحت قليلة الاستعمال فى الوقت الحاضر نظرا لكمية الحديد التى تضيع هدرًا خلالها .

(الثانية) طريقة التقلب — وهى الأهم ، ويستخرج بواسطتها كل الحديد الخام المستخدم فى الصناعة تقريبا . وسميت كذلك لأن المعدن يقاب فيها أثناء تحويله . والأفران المستخدمة فى هذه الطريقة تعرف باسم أفران التقلب^(١) وهى أفران من الطراز العاكس . فيها يضرب لسان اللهب الصاعد من الوقود فى سقف الفرن المقيب المنخفض ، فينعكس على الزهر الخام المطلوب تحويله ويرفع درجة حرارته فيساعد على اختزال الكربون وبقية المواد الغريبة منه ، ولهذا السبب سميت أفرانا عاكسة . وبعد ذلك تنصرف الغازات المحترقة من مدخنة الفرن .

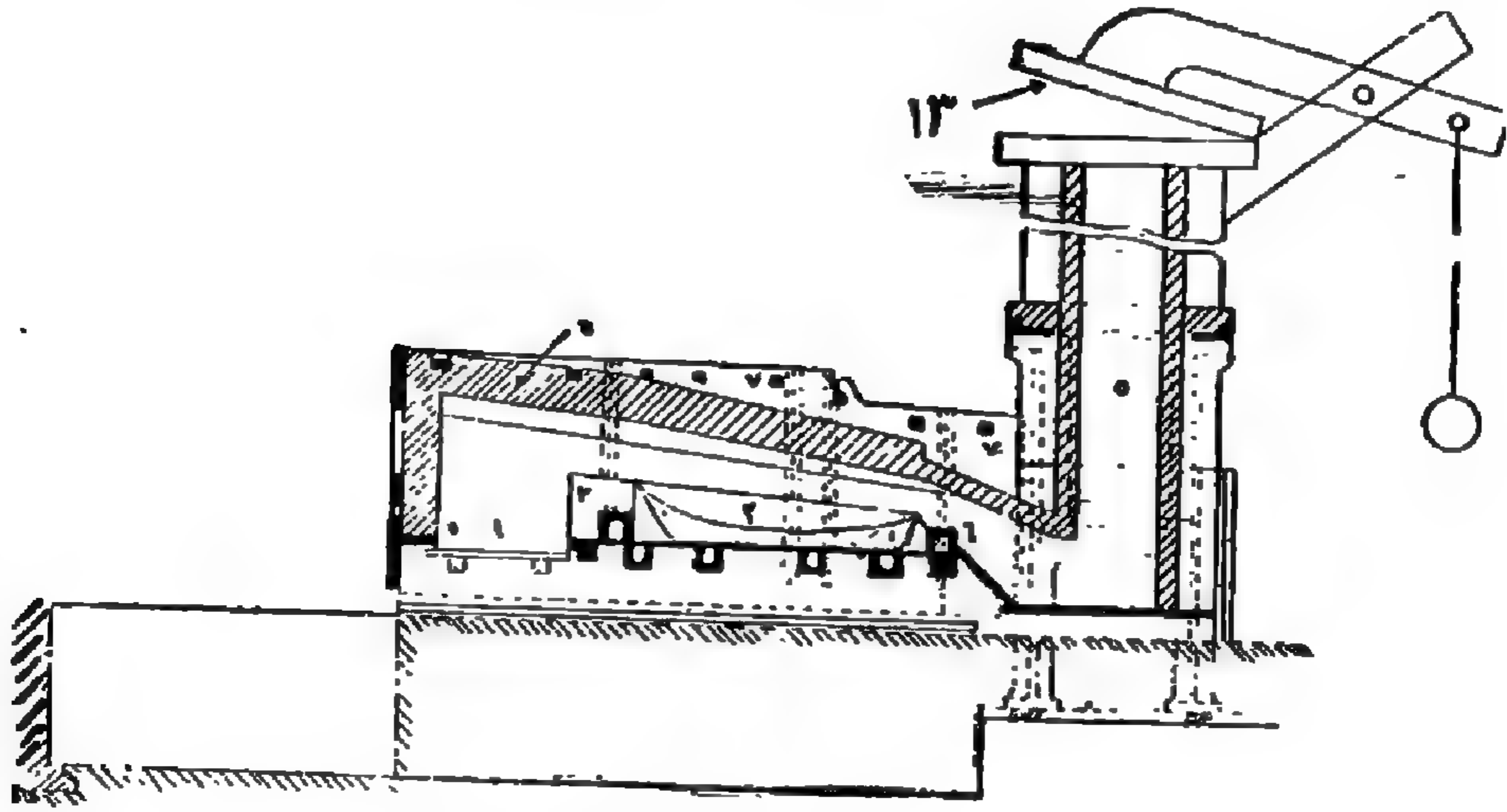
وطريقة التقلب إما أن تكون رطبة وإما جافة : ففى الطريقة الرطبة يتم أغلب الاختزال بفعل أوكسيد الحديد أو بعض المواد المحتوية عليه . ويمكن فى هذه الطريقة استعمال الزهر الخام الأبيض أو الزهر الخام الرمادى الذى تكثر فيه المواد الغريبة من كربون وسليكون وخلافهما . أما فى الطريقة الجافة فالاختزال يتم أغلبه بتأثير الهواء المار فى الفرن ، ولا يستعمل فى هذه الطريقة إلا الزهر الخام الأبيض المكرر الذى تقل فيه نسبة المواد الغريبة .

طريقة التقلب الرطبة — وأبرز ظاهرة فيها هى اختزال الكربون والمواد الغريبة الأخرى من الزهر الخام بفعل أوكسيد الحديد أو بعض المواد المحتوية

(١) اخترع هذا الفرن من يدعى كورت عام ١٧٨٤ وكان يطنها بالرمل ويستعمل فيها الزهر الخام الأبيض الذى لم يكن ينصهر قط بل كان يتحول الى مادة عجينية ومن هنا اشتق اسم الطريقة الجافة التى سird ذكرها بعد . لكن تطور شكل الفرن بعد ذلك واستحدثت منه أنواع تبطن بأوكسيد الحديد أو بعض المواد المحتوية عليه وصار يستعمل فيها الزهر الخام الرمادى الذى ينصهر بسهولة ويقل أثناء انصهاره ومن هنا اشتق اسم الطريقة الرطبة .

عليه مثل الهمايت أو قشور الحديد^(١) أو بعض أنواع الخبث^(٢). وهذه المواد يوضع بعضها مع شحنة الزهر الخام في فرن التقلب والبعض الآخر يطن به المرقد.

وفرن التقلب المستخدم في هذه الطريقة ذو طرازات متعددة تختلف بعضها عن بعض في الحجم والتفاصيل لكنها تتشابه في الأجزاء الرئيسية. والأشكال من (٢١) إلى (٢٥) تبين فرن تقلب من الطراز المستخدم في مقاطعة



(شكل ٢١ — فرن التقلب ، قطاع رأسي)

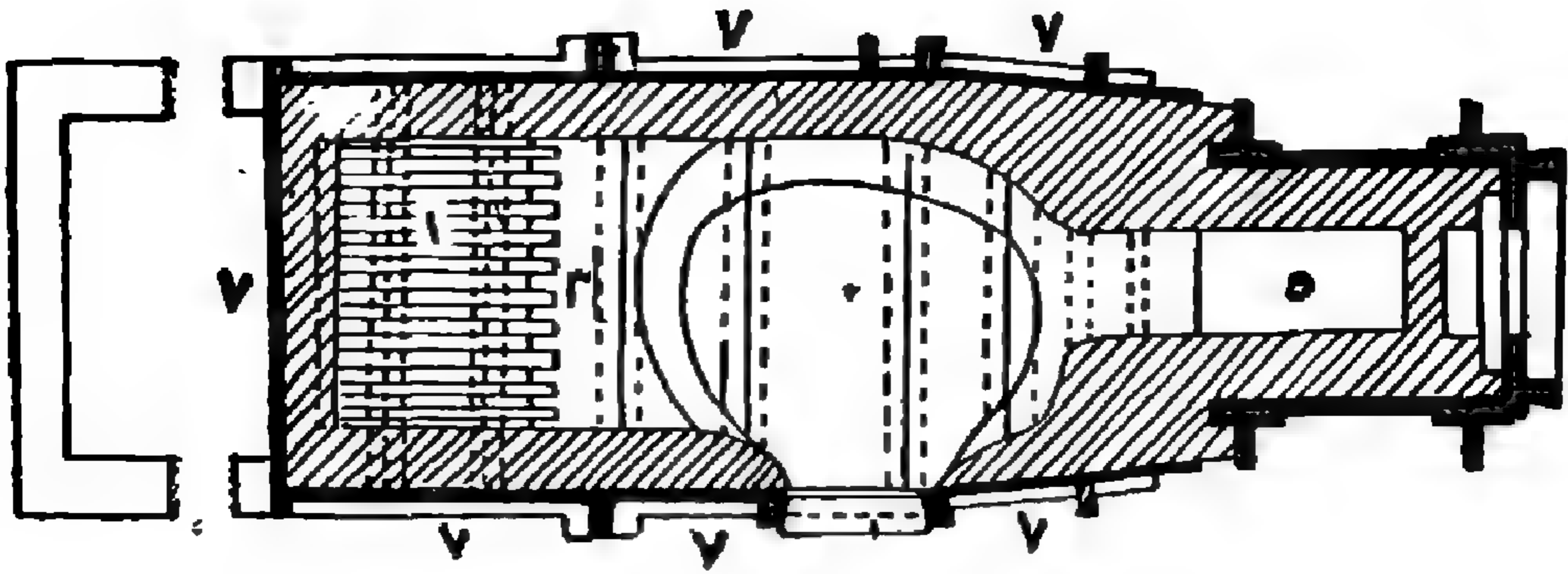
(Staffordshire) بإنجلترا. وتركب من مرقد للمعدن (٢) توضع فيه الشحنة المكونة من الزهر الخام والمواد المؤكسدة ثم من بيت النار (١) ذي مصبغات (باطات) يوضع عليها الوقود (الفحم الحجري العادي) ويفصل

(١) القشور التي تنساقط من الحديد الخام أو الصلب أثناء طرقهما وهما ساخنان وكذلك القشور التي تتخلف منها أثناء إمرارهما بآلات الجلفن تسمى قشور الحديد وهي عبارة عن أول أكسيد الحديد.

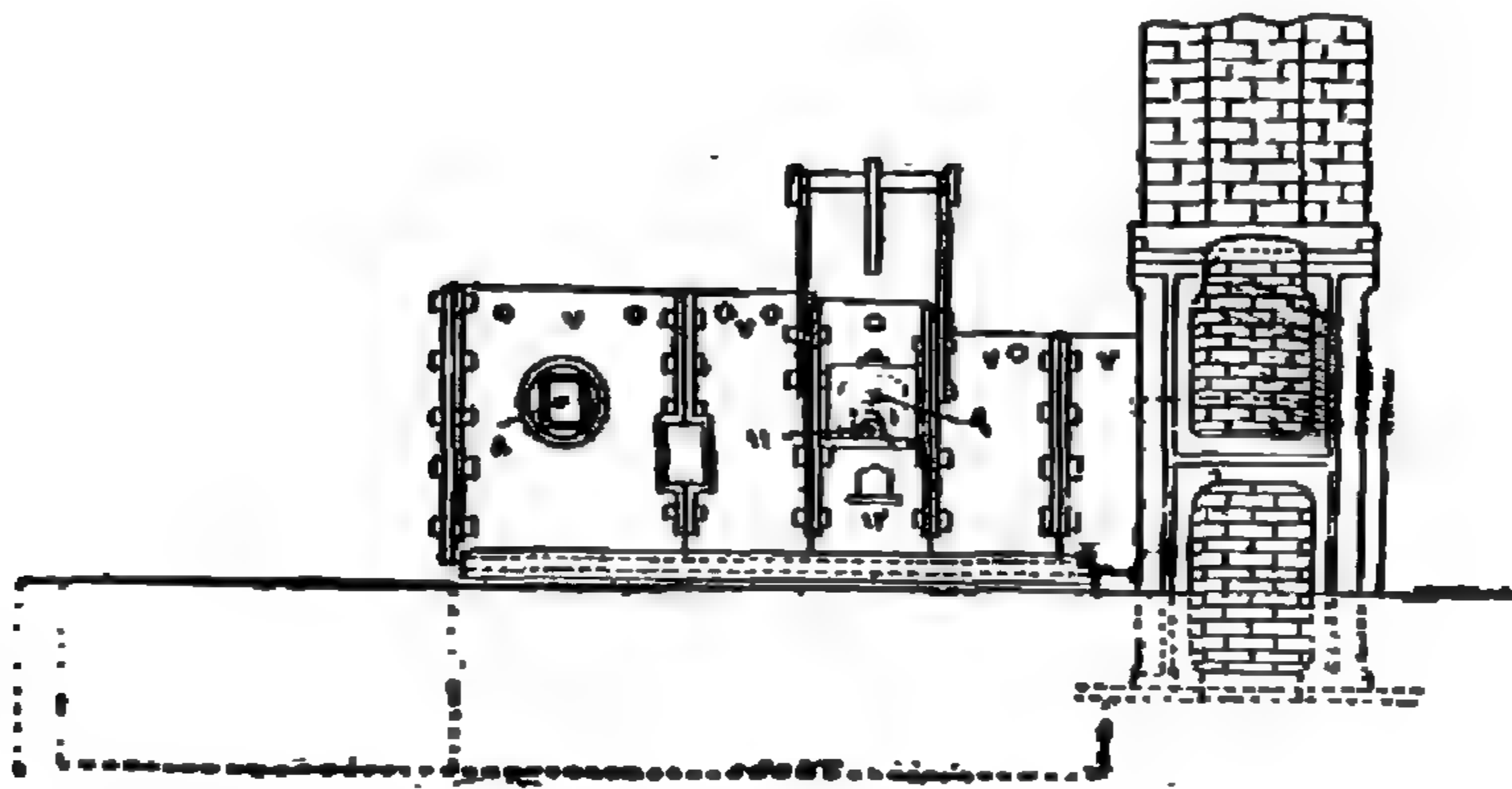
(٢) أهمها نوعان الأول يعرف باسم (Best Tap) ويستخرج من أفران إعادة التسخين والثاني يعرف باسم (Bull Dog) ويستخرج من أفران التقلب.

بيت النار عن الموقد حاجز قصير (٣) يسمى كوبرى النار (الشروقة) يمنع اختلاط الشحنة بالوقود ، وهناك حاجز قصير يسمى كوبرى الغازات (٦) يفصل الموقد عن المدخنة ويعلو الفرن سقف (١) منخفض (٤) مستقيم فى اتجاه طوله (انظر شكل ٢١) ومقبى قليلا فى اتجاه عرضه شكل (٢٤) وتبنى المدخنة (٥) بالطوب الأحمر العادى وتبطن بالطوب الحرارى وتقوى بزوايا وشدادات من الحديد ، ويختلف ارتفاعها من ٣٠ إلى ٥٠ قدما للفرن المفرد . ويعلوها باب أفقى متصل برافعة وسلسلة يفتح ويقفل عند اللزوم لتنظيم كمية الهواء أثناء عملية التحويل . ويسمى باب الهواء (١٣) . وتغلف الجدران الخارجية للفرن بالواح سميكة من الزهر (٧) مربوطة بعضها ببعض بواسطة مسامير وشدادات ، ويبلغ طول الموقد نحو ٦ أقدام وعرضه ٣,٧٥ قدما بجوار كوبرى النار ، ونحو ٢,٧٥ بجوار كوبرى الغازات ، ويصنع قاع الموقد من ألواح سميكة من الزهر ترتكز على أعمدة قصيرة وحوامل تسمح بمرور الهواء بينها . كذلك تسبك جوانبه من الزهر جوفاء ليتمكن تبريدها بمرور الهواء خلالها ، وتغطى هذه الجوانب من أعلى بالطوب الحرارى بطريقة تسمح بتركيب البطانة عليها جيدا دون أن تتقلقل أو تنزلق . أما فتحة باب النار (٨) ومنها تغذى الفرن بالوقود فانها تقفل عادة بعد إدخاله وإشعاله وتسد بوضع بعض قطع كبيرة من الفحم تحشى بقطع صغيرة منه . وباب الفرن (٩) يسمى باب التشغيل يقع أيضا فى واجهة الفرن على ارتفاع نحو عشرة بوصات من فرش

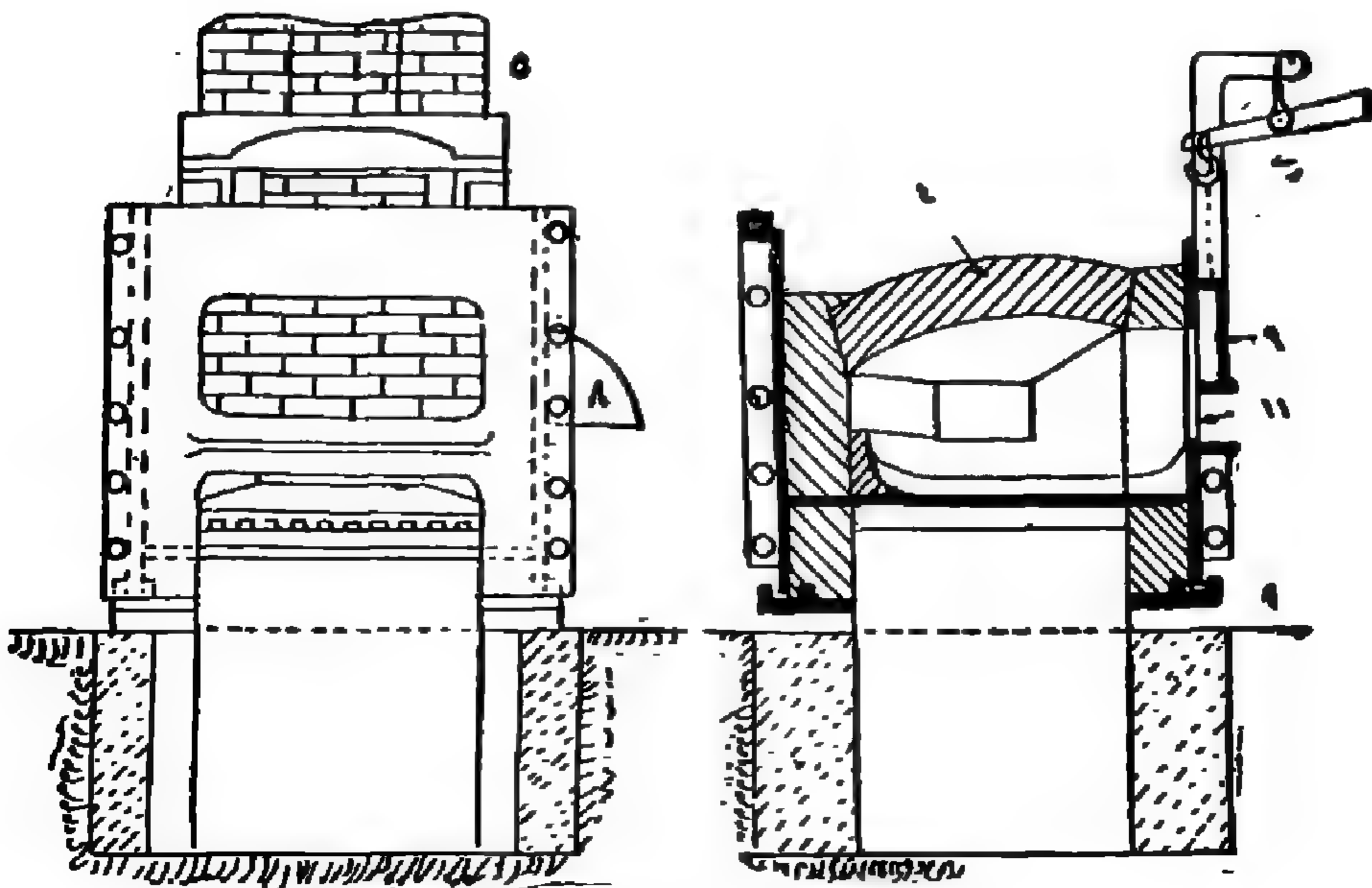
(١) فرن التقلب إما أن يكون مفردا صغير الحجم وفى هذه الحالة يقل ارتفاع سقفه تدريجيا فينحدر ناحية المدخنة (شكل ٢١) وأما أن يكون كبيرا مزدوجا وفى هذه الحالة يتركب من فرنين متحدين من الخلف ولهما واجهتان متضادتان ولكل منهما باب مستقل . والفرن المزدوج يعادل فرنين مفردين لكنه أوفر منهما فى العمل ويحتاج إلى عاملين .



(شكل ٢٢ — فرن التقلب ، قطاع أفقي)



(شكل ٢٣ — فرن التقلب ، مسقط رأسي)



(شكل ٢٤ — فرن التقلب ، قطاع جانبي) (شكل ٢٥ — فرن التقلب ، مسقط جانبي)

المرقد ويقفل بإطار من الحديد داخله لوحة من الطوب أو الحجر الحرارى ،
ومعلق بسلسلة متصلة بطرف رافعة ، والطرف الآخر للرافعة به ثقل موازنة
وسلسلة يمكن بواسطتها رفع الباب وخفضه لوضع الشحنة أو إخراج المعدن.
والباب المذكور لا يستخدم لأى غرض آخر غير ذلك لكن يوجد به ثقب
(١١) تمر منه الأسياخ التى تقلب بها الشحنة أثناء عملية التحويل . ويوجد
أسفل باب التشغيل ثقب للحبث (١٢) شكل (٢٣) ويكون مقفلا بسدادة
من الطين أثناء اشتغال الفرن . ويستخرج الحبث منه عند اللزوم بعد فتح
السدادة. لكن نظرا لكون بعض الحبث يطفو على سطح المعدن المضطرب
أثناء التشغيل فإنه يفيض فوق كوبرى الغازات وينحدر إلى قاع المدخنة
حيث يتجمع هناك ويزال .

وقبل تشغيل الفرن يلزم أن يعد للعمل وذلك بأن يبطن فرش المرقد
بطبقة سمكها ٣ بوصات تقريبا من المواد المؤكسدة ، ويجعل شكل البطانة
مقعرا بحيث تكسو قاع الفرش وجوانبه ، ثم يوقد فحم الوقود حتى يستخن
الفرن فتلين المواد المؤكسدة نوعا ما وتتماسك ، وعندها توضع فوق الفرش
طبقة أخرى سمكها نحو بوصتين من نوع آخر من المواد المؤكسدة يتفق
ونوع الزهر الحام المطلوب تحويله وكذلك نوع الحديد الحام المطلوب
استخراجه منه ، ثم يؤتى بقطع من الحديد الخردة وتوضع فوق الفرش ،
وتترك حتى ترتفع حرارتها إلى درجة اللحام فتأكسد ثم تقلب على الفرش حتى
تؤكسد بطائته . فإذا ماتم ذلك يؤتى بالزهر الحام مخلوطا بكمية من قشور
الحديد ويقذف فوق الفرش ، وعندئذ يكون فرن التقلب قد تم إعداده
وشحنه .

والأدوار التي تمر بها الشحنة بعد ذلك أربعة وهي :

(الأول) دور الانصهار — وفيه يكون باب الهواء (الموجود أعلى المدخنة) مفتوحا على آخره . وفي خلال هذا الدور يتأكسد أغلب السليكون والمانجنيز والفوسفور والكبريت ويتحد مع جزء من البطانة المنصهرة ^(١) فيتكون نوع من الخبث . وإن كان الزهر الخام المستعمل رماديا فإنه يفترق الى درجة حرارة مرتفعة لكنه يتحول دفعة واحدة الى سائل . أما إذا كان الزهر الخام أبيض فإنه يحتاج الى درجة حرارة أقل من الرمادى لكنه يتحول الى عجينة قبل أن ينصهر .

(الثانى) دور الغليان — وفي أوله يقلب باب الهواء قليلا حتى تنخفض درجة حرارة الفرن نسبيا ، ويقلب المعدن حتى يختلط اختلاطا تاما بأوكسيد الحديد ، فيتأكسد أغلب الكربون وبعض السليكون الذى قد يكون باقيا فيه وينتج عن هذا التأكسد ارتفاع درجة حرارة الفرن مرة أخرى فيضطرب سطح المعدن المنصهر ويخرج منه أول أوكسيد الكربون على شكل فقائيع فيعطى ظاهرة شبيهة بالغليان ، ومنها أشتق هذا الدور اسمه . وفي خلال هذا الدور يكون العامل المنوط به ملاحظة الفرن مداوما على قلب المعدن بشدة بواسطة سيخ حديدى يمر من الثقب الواقع فى باب الفرن ، حتى يضمن اختلاط المعدن بالمواد المؤكسدة ^(٢) . فاذا ما خف الغليان فإن المعدن

(١) نظرا لتفاعل البطانة مع المواد الغريبة فى الزهر الخام فإنها تنقص تدريجيا ويلزم تجديدها من وقت لآخر .

(٢) القلب بهذه الكيفية شاق جدا ويجعل محصول الفرن قليلا لذلك اخترعت فى السنين الأخيرة طرائق متعددة للقلب الميكانيكى مثل طريقة (دائك) وطريقة (پرنوت) وغيرها سهلت العملية وأكثرت المحصول وفى هذه الطرائق يدور المرقد إما فى مستورأسى وأما فى مستو أفق وأما فى مستو مائل بين هذا وذاك ، ويتم الدوران بفعل قوة ميكانيكية فينتج عن ذلك قلب المعدن أوتوماتيكيا .

يأخذ في الهدوء من اضطرابه وفي التحول الى حالة عجينية. ويكون الكربون قد أصبحت نسبته أقل من واحد في المائة . وقد جرت العادة في بعض المناطق التي يصنع فيها الحديد الخام على إزالة الخبث الناتج عن التأكسد في نهاية هذا الدور .

(الثالث) دور التطهير — وفيه يتأكسد أكثر الكربون والمانجنيز والفوسفور والكبريت الباقية من المعدن .

(الرابع) دور التكرير — وفيه تنخفض درجة حرارة الفرن كثيرا ، ويقسم المعدن (وهو شبيه بعجينة اسفنجية كثيرة المسام) إلى نحو ستة أقسام تكور على شكل كرات ، وزن الواحدة منها نحو ١٠٠ رطل انجليزي ، وذلك بتقليب كل قسم على فرش المرقد المقعرب مع مراعاة أن يكون التقليب بالقرب من كوبرى النار حتى ترتفع حرارة الكرات إلى ما يقرب من درجة اللحام .

هذه هي الأدوار الأربعة التي تجرى في فرن التقليب فإذا ما انتهى الدور الرابع أخرج المعدن من الفرن على شكل كرات بعد أن يكون قد استحال حديدا خاما . ويلاحظ أن باب الهواء يفتح ويقفل عدة مرات خلال كل دور من الأدوار الأربعة لتنظيم كمية الهواء الداخلة للفرن وتنظيم درجة حرارته .

وتستغرق هذه الأدوار نحو ساعة ونصف مقسمة كما يأتي :

من ٣٠ إلى ٣٥ دقيقة لدور الانصهار . ومن ١٠ إلى ١٥ دقيقة لدور الغليان . ومن ١٠ إلى ٢٠ دقيقة لدور التطهير . ومن ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة لدور التكوير . لكن هذا الوقت قد يتقص أو يزيد تبعا لنقاء الزهر الخام المستعمل وقد يصل أحيانا إلى ساعتين ونصف .

طريقة التقلب الجافة — وتختلف عن الطريقة الرطبة في كون أغلب الاختزال يتم فيها بفعل أوكسجين الهواء المار بالفرن ، وعلى ذلك لا تخطط الشحنة بمواد مؤكسدة كما في الطريقة الرطبة . وتختلف أيضا في كون الزهر الخام المستخدم فيها يلزم أن يكون أبيض مكررا محتويا على نسب قليلة من الكربون والسليكون والمواد الغريبة الأخرى . والسبب في ذلك أن الهواء لا يكون ذا أثر فعال في الاختزال إلا إذا كان المعدن المطلوب تحويله يستحيل إلى عجينة قبيل انصهاره فيتمكن الهواء من أكسدته وهو في الحالة العجينية ، والزهر الخام الأبيض هو الوحيد الذي تتوافر فيه هذه الخاصية دون سائر أنواع الزهر الخام لذلك وجب استخدامه في هذه الطريقة .

لكن الزهر الخام الأبيض إذا استخدم بعد استخراج مباشرة من الأفران العالية يكون محتويا على نسب غير قليلة من الكبريت لذلك يحسن تكريره أولا قبل وضعه في أفران التقلب .

وتتلخص عملية التكرير في وضع الزهر الخام الأبيض في أفران خاصة بالتكرير وشبيهة بما سبق شرحه في طريقة التكرير فيختزل أغلب السليكون والفوسفور والكبريت الموجود به ، ويستحيل إلى زهر خام أبيض مكرر قابل للتحويل بسهولة إلى حديد خام في أفران التقلب نظرا لنقاؤه وقلة ميوعته (سيولته) . والمعدن المكرر الناتج بهذه الكيفية يمكن نقله مباشرة من أفران التكرير إلى أفران التقلب ، لكن ذلك غير متبع في الغالب ، بل المتبع هو صبه في قوالب وتركه حتى يجف ثم تكسيه إلى قطع ذات أحجام ملائمة للوضع في أفران التقلب .

والأفران المستخدمة في هذه الطريقة أصغر في حجمها قليلا من أفران الطريقة الرطبة ولا يبطن مرقدها بالخبث ولا بالحديد الغفل . وكان المتبع

في الزمن الماضي أن يطن المرقد بطبقة من الرمل يرش فوقها قليل من خبث الحديد، لكن في الوقت الحاضر يطن المرقد بأوكسيد الحديد بسمك يختلف من بوصة واحدة إلى بوصة ونصف ، وذلك بأن يوضع فوقه كمية كافية من الحديد الخردة ويسلط عليها لهب شديد فيلين هذا الحديد ويتأكسد ثم يقلب بشدة على المرقد حتى يكسوه بطبقة منتظمة من أوكسيد الحديد . وبعد أن يتم إعداد المرقد بهذه الكيفية يؤتى بشحنة من الزهر الخام الأبيض المكرر وتوضع على جوانب المرقد بحيث لاتصل إلى وسطه ، فاذا ما ابتدأت الشحنة أن تلين من تأثير الحرارة يغلق باب المدخنة حتى تقل الحرارة ولا ينصهر المعدن بل يستحيل إلى عجينة فقط وعندها يسحب إلى وسط المرقد ويقلب حتى تتأكسد المواد الغريبة الموجودة به وتتحول إلى خبث . وتستمر عملية التحويل كما في الطريقة الرطبة ، فقط يكون الغليان فيها أقل شدة . فاذا ما وصل المعدن إلى دور التكرير يفتح باب المدخنة قليلا فترفع حرارة الفرن ويسخن المعدن إلى درجة اللحام .

وبمقارنة هذه الطريقة بالطريقة الرطبة نجد ما يأتي :

- (١) عملية التحويل بالطريقة الجافة تستغرق زمنا أقل وتستهلك كمية من الوقود أقل من الطريقة الرطبة وتنتج منها كمية أقل من الخبث .
- (٢) تضيع في الطريقة الجافة كمية من الزهر الخام أكبر مما تضيع في الطريقة الرطبة والحديد الخام الناتج منها لا يكون جيد النوع الا اذا كان الزهر الخام مستخرجا من حديد غفل نقي نسبيا من المواد الغريبة .

وفي الوقت الحاضر لا تستخدم الطريقة الجافة في إنجلترا الا في مقاطعة يوركشير حيث يعنى بعملية الاستخراج والتحويل عناية خاصة ، ولذلك يباع الحديد الخام الناتج منها بما يعادل ضعف ثمن الحديد الخام الاعتيادي .

الحرارة الضائعة في أفران التقلب — نظرا لصغر حجم المرقد في أفران التقلب تخرج الغازات منها على درجة حرارة مرتفعة جدا وتسرب من المدخنة الى الجو فتضيع كمية الحرارة المخزونة فيها هدرا. لذلك روى الاستفادة من هذه الحرارة بتوجيه الغازات بعد خروجها من الأفران الى مراجل بخارية توضع بالقرب من هذه الأفران . واستخدام البخار المتولد في سد حاجات المصنع كتشغيل المطارق البخارية وتوليد القوى وغير ذلك .

العمليات التجهيزية للحديد الخام — تفرد في المصانع منطقة خاصة لاستخراج الحديد الخام ولإجراء عمليات التجهيز عليه حتى يصبح صالحا للعرض في السوق ، وهذه المنطقة تقسم عادة إلى قسمين يطلق على الأول منهما قسم الحدادة وعلى الثاني اسم قسم الآلات :

قسم الحدادة يشمل أفران التكرير وأفران التقلب وآلات الطرق والكبس على اختلاف أنواعها ، ثم مجموعة من آلات الخلخ^(١) تسمى جلوخة الحديد المقاب، وفي هذا القسم تتم عمليات التحويل والتجهيز الابتدائي لسيقان وألواح الحديد الخام ، فعندما يخرج الحديد الخام من أفران التقلب على شكل كرات ساخنة جدا تنقل هذه الكرات الى المطارق^(٢) الآلية أو المكابس حيث تطرق أو تكبس على شكل كتل منشورية مستطيلة القطاع ، ثم تنقل هذه الكتل وهي ساخنة الى جلوخة الحديد المقلب ، حيث تسحب إما

(١) آلات الخلخ أو الجلوخة هو الاسم الذي تواضع الصناع المصريون على إطلاقه على الآلات ذات الدرافيل التي تستخدم في سحب كتل الحديد وغيره الى ألواح أو الى سيقان أو كرات الخ وعلى الآلات المشابهة لها التي تستخدم في لف ألواح الصاج الى أسطوانات وقد رأى بعضهم سميها (المصفاح) ويطلق لفظ الخلخ أيضا في البلاد المصرية على آلات من العدد القاطعة . ويلزم التمييز بين النوعين .

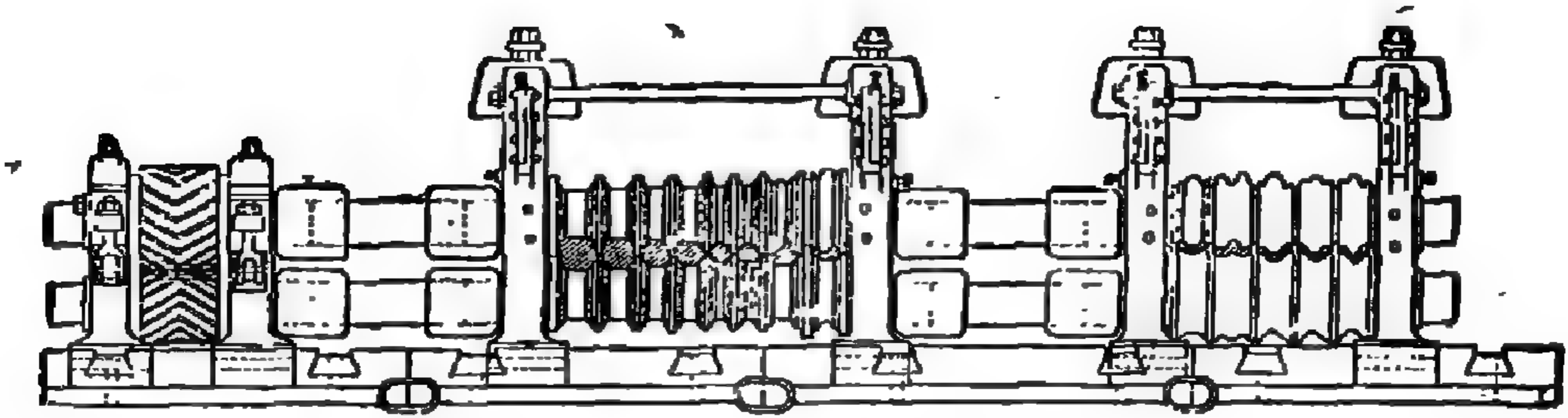
(٢) انظر المطارق في الصلب .

الى سيقان مستطيلة القطاع تعرف باسم سيقان الحديد المقلب ، وأبعادها على وجه التقريب ١٦ قدما فى الطول و ٣ بوصات فى العرض و ٠,٧٥ بوصة فى السمك ، وإما إلى ألواح عرضها من ٦ بوصات إلى ١٥ بوصة إن كان الحديد الخام مطلوبا تحويله فيما بعد الى ألواح من الصاج .

أما قسم الآلات فإنه يشمل مجموعة أخرى من الجلوخة مختلفة الأشكال ومجموعة من المقصات والمطارق الآلية وكذلك مجموعة من الأفران تعرف باسم أفران إعادة التسخين . وفى هذا القسم تجرى عمليات التجهيز النهائى فيؤتى اليه بسيقان الحديد المقلب وتحول الى الأشكال المعروفة فى السوق كما سيأتى شرحه تفصيلا فيما بعد .

آلات الجلخ — توجد أنواع كثيرة من هذه الآلات منها ما هو خاص بصنع سيقان الحديد المقلب فى عملية التجهيز الابتدائى ، ومنها ما هو خاص بصنع الأشكال المختلفة فى عملية التجهيز النهائى كالسيقان المستديرة القطاع المعروفة بالأسياخ أو السيقان المستطيلة القطاع المعروفة بالحوص أو الزوايا والكمرات على اختلاف أنواعها ، أو الألواح الصاج والصفيح وغير ذلك . وهذه الآلات مهما اختلف شكل الحديد الخام الخارج منها فان نظريتها وطريقة تشغيلها واحدة ، وتتكون من اسطوانتين مشكل على محيطهما مجار تكون بينهما شكل قطاع الحديد المطلوب ، وتلك المجارى تشكلى بحيث تتناقص تدريجيا فى حجمها فتوضع الكتلة أولا فى أكبر المجارى ثم تمرر بالتدريج فى باقىها فيتناقص مقطعها الى الشكل المطلوب بينما يزداد طولها ، والواقع أن الاختلاف التدريجى لهذه المجارى ما هو إلا خطوات تنتهى بالحديد الى المقطع المطلوب .

وعلى ذلك نجترى بذكر واحدة منها على قليل المثال (شكل ٢٦) بين آلة جلع خاصة بصنع الزوايا، وتتكون من زوجين من الدرافيل (الاسطوانات) قطر كل منها من ١٥ إلى ١٨ ممحولة على تقفيسة ذات أنفاذ . وتصل الحركة من المحرك مباشرة الى الدرفيل الأسفل الذى ينقلها الى الدرفيل الأعلى بواسطة تروس .



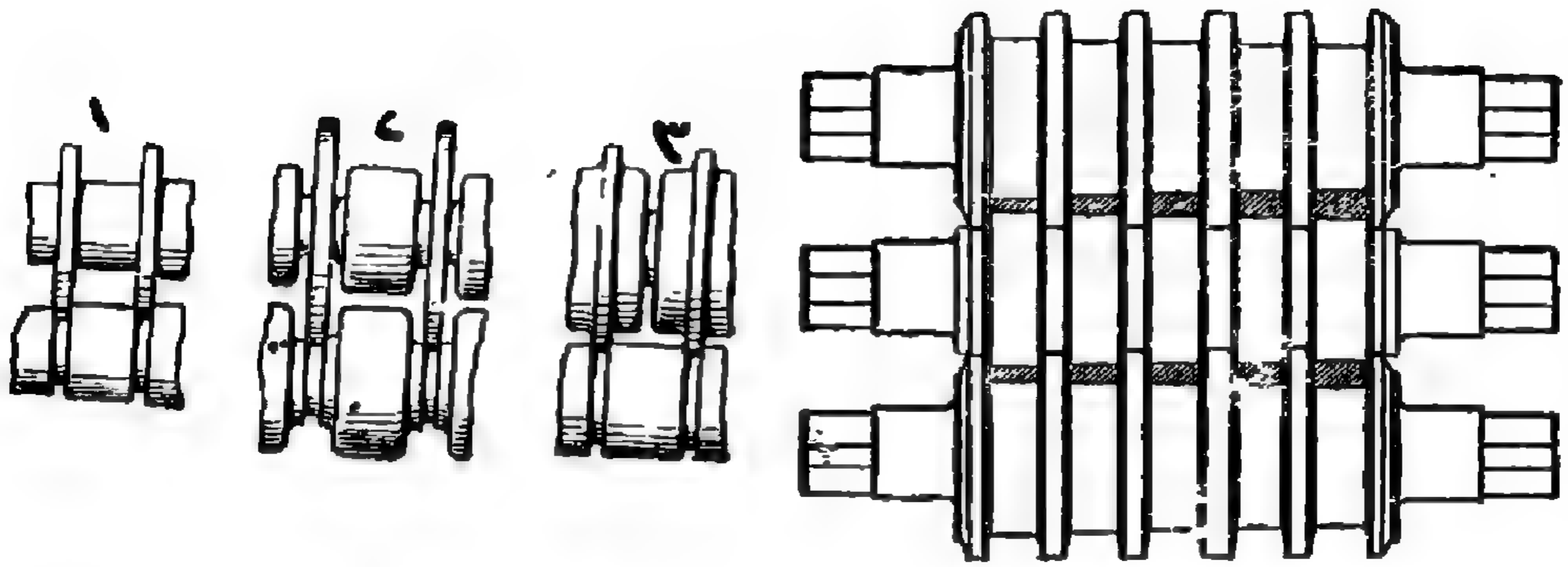
(شكل ٢٦ — آلة جلع لصنع الزوايا)

وبالنظر إلى شكل (٢٦) يرى أن آلة الجلع مقسمة الى مجموعتين : اليسرى منها تسمى مجموعة درافيل السحب واليمنى تسمى مجموعة التشكيل والتنعيم النهائى . وحيث أن الدرفيلين يدوران فى اتجاهين مختلفين فانهما يسحبان الكالة بينهما . ويأمرارها بين مجارى التحضير تشكّل تقريبا الى السمك المطلوب ، أما مجارى درافيل التشكيل فتبتدى بشكل قوس من دائرة وتنتهى على شكل الزاوية المطلوبة . ودرافيل التنعيم وكراسيها تبرد عادة بتسليط تيار مستمر من الماء البارد عليها .

لكن أكبر عيب فى هذا الطراز من الآلات هو صعوبة نقل الكالة أو السيقان من الخلف الى الأمام أثناء عملية السحب والتشكيل وهذا نتيجة طبيعية لوجود الدرافيل أزواجا أزواجا فى هذه الآلات . وحيث ان هذا النقل يستغرق وقتا غير قليل يكفى لتبريد سطح المعدن مع أنه من الضرورى جدا أن يكون سطح المعدن ساخنا أثناء مروره بين الدرافيل لذلك استدعى

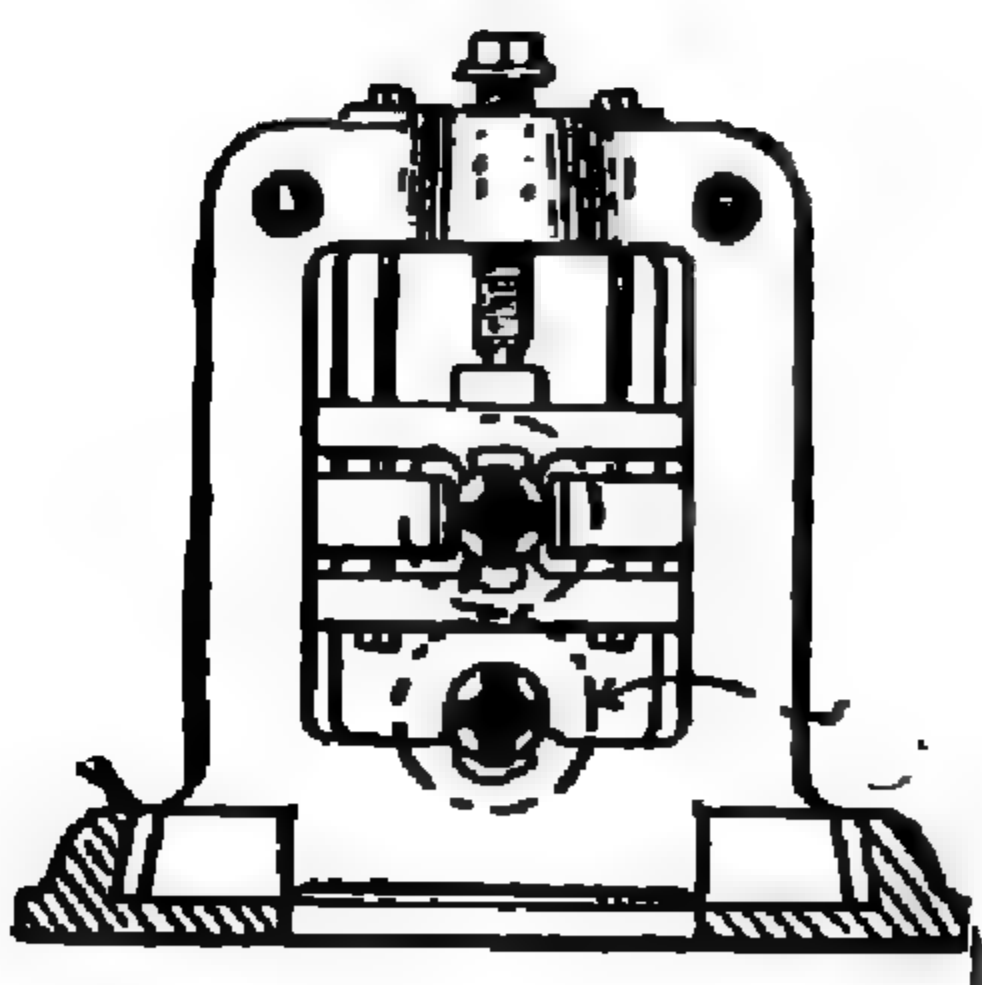
الأمر عمل الآلة ذات الثلاثة درافيل المينة درافيلها في شكل (٢٧) وفي هذه الآلة يمر الساق في مجرى من مجرى الدرفيل الأسفل والأوسط من الناحية الأمامية للناحية الخلفية ثم يرجع من الناحية الخلفية الى الأمامية مارا بمجرى مشابهة بين الدرفيلين الأعلى والأوسط وهلم جرا .

ويختلف شكل الدرافيل تبعا لنوع السيقان أو الكمرات الخ ... المطلوب صنعها .



(شكل ٢٧ — درافيل آلة ذات ثلاثة درافيل) (شكل ٢٨ — أنواع مختلفة من الدرافيل)

وشكل (٢٨) يبين ثلاثة أنواع من الدرافيل منها (١) لعمل الخوص و (٢) لعمل الكمرات شكل H و (٣) لعمل الكمرات شكل T وشكل (٢٩) مسقط جانبي لآلة جليخ .



(شكل ٢٩ — مسقط جانبي
لآلة جليخ)

وتستخدم آلات الجليخ أيضا في تحويل كتل الصلب الطرى الى أسياخ وخوص وكمرات وقضبان وألواح الخ ... أسوة بالحديد الخام تماما .

كذلك يستخدم الصياغ آلات جليخ صغيرة في سحب سبائك الذهب والفضة وغيرها من المعادن الثمينة .

أنواع الحديد الخام المعروفة في الصناعة — تختلف أنواع الحديد الخام تبعاً لخلوها من الأوساخ ودرجة نقائها من العناصر الغريبة ولانتظام أليافها . وقد جرى العرف التجاري في الأسواق التجارية على ترتيب الأنواع المختلفة من الحديد الخام تبعاً لعدد العمليات الميكانيكية كالخزم والطرق واللحام والتجليخ ... الخ التي تمر بها كميات الحديد بعد استخراجها من أفران التقليل . وأهم الأنواع المعروفة في البلاد الانجليزية هي :

الحديد نمرة (١) أو الحديد المقلب — المستخرج مباشرة من جلوخة التقليل بالطريقة السابق شرحها ، وهو أقل الأنواع جودة نظراً لوجود بعض أوساخ به لم تطرد خلال عملية الكبس ، وتظهر هذه الأوساخ بوضوح في مقطعه فتجعل لونه أزرق قاتماً . ومقطع هذا الحديد متبلور وخال من الألياف ، وهو لا يصلح قط لأعمال الحدادة ، إنما يستخدم فقط لتحويله إلى الأنواع الأكثر جودة بتقسيمه وحزمه وإعادة تسخينه وطرقه كما سيرد بعد ، وعلى ذلك لا يباع هذا النوع في الأسواق .

الحديد نمرة (٢) أو الحديد التجاري — وهو أجود من الحديد المقلب ويصنع منه بتقسيم خوص الحديد المقلب إلى أطوال مناسبة وضم بعضها إلى بعض على شكل حزم ، ثم تسخينها إلى درجة اللحام في أفران خاصة تشبه أفران التقليل لكن أصغر منها حجماً ، وتعرف باسم أفران إعادة التسخين . وبعد إخراج الحزم الساخنة من هذه الأفران توضع تحت المطارق ، وتطرق حتى تلتحم أجزاؤها وتصبح كتلة واحدة ، ثم توضع الكتلة في آلات الخلخ لتحويلها إلى الأحجام والأشكال المطلوبة . ومقطعه ذو ألياف قليلة ويصلح نوعاً ما لأعمال الحدادة . كذلك تصنع منه القضبان والكمرات والزوايا الخ

الحديد نمرة (٣) أو الحديد الأجود — ويصنع من الحديد نمرة (٢) بتكسيه وإعادة حزمه وتسخينه وطرقه ووضعه في آلات الجلف ، أى أنه حديد خام مر بعمليات الطرق والكبس والتجليخ ثلاث دفعات بعد إخراجها من أفران التقلب . وهو أصلح من نمرة (٢) لأعمال الحدادة نظرا لقابليته للسحب ومقاومته للثني والالتواء . وهذا النوع يطابق تماما ما يشترطه المهندسون عادة في مواصفاتهم لأعمال الحدادة .

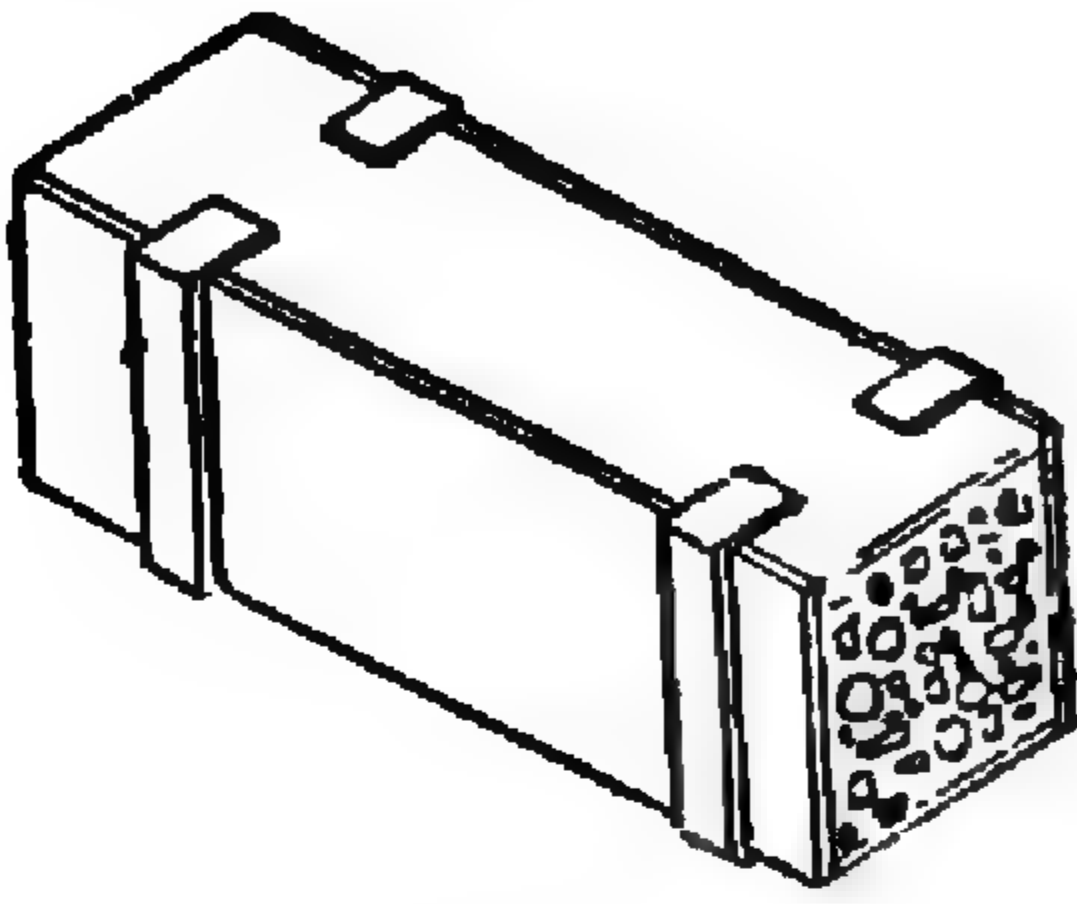
الحديد الأجود أو المزدوج الجودة — وهو الذى أجريت عليه عمليات الطرق والكبس والتجليخ أربع دفعات . وهو نوع ممتاز ويصلح لصنع السلاسل (الجنازير) والبرشام وغير ذلك .

الحديد الثلاثى الجودة — وهو الذى أجريت عليه العمليات السابق ذكرها خمس دفعات . وهو أجود الأنواع كلها .

ومن هذا يرى أنه كلما زادت عمليات الحزم وإعادة التسخين والطرق والكبس والتجليخ قلت الأوساخ في الحديد الخام وأصبحت أليافه أكثر انتظاما ، فتزداد متانته ومقاومته وقابليته للحام . وبما أن تكرار هذه العمليات هو الذى يسبب وجود الألياف في الحديد الخام إذن فالحديد الذى تكثر الألياف في مقطعه يكون هو الأجود صنفا . لكن لا يؤخذ هذا على إطلاقه إذ توجد أنواع جيدة جدا من الحديد يكون مقطعها ذا حبيبات دقيقة شبيهة بمقطع الصلب الطرى .

ويوجد غير ما ذكر نوع آخر جيد جدا يصنع من الحديد الخردة وطريقة صنعه كما يأتى :

يؤتى بأربعة خوص من الحديد الخام وتركب بعضها على بعض على شكل



(شكل ٣٠)

صندوق أجوف كما هو مبين بشكل (٣٠)

وتربط بأطواق من الحديد ثم يملأ

التجويف بقطع من الحديد الخردة ،

ويوضع الصندوق بمحتوياته في فرن ،

ويسخن عليه حتى ترتفع حرارته إلى درجة

اللحام ، وعندها يقلب الصندوق على جوانبه دون أن ينحشى عليه من التفكك أو

سقوط شيء من محتوياته ، ثم يستخرج من الفرن ويوضع تحت المطارق الآلية

ويطرق جيدا حتى يتخلص من جميع الأوساخ الموجودة به ، ويؤخذ بعد ذلك

إلى آلات الخلخ حيث يشكل إلى خوص ثم تقطع الخوص إلى أطوال مناسبة

وتحزم بعضها مع بعض ، ويعاد تسخينها وطرقها ثم تشكّلها على آلات الخلخ

إلى خوص أو ألواح حسب الطلب . والحديد الناتج من هذه الطريقة يعد

من أحسن أنواع الحديد الخام .

الحديد السويدي أو حديد دانيمورا — ويصنع في بلاد السويد من

الزهر الخام المستخرج من الحديد الغفل المغناطيسي وهو من أجود أنواع

الحديد الخام .

أما في البلاد المصرية فالحديد الخام الكثير الشيوع والانتشار هو من

طراز الحديد التجاري نمرة "٣" ، وأغلبه يستخدم في الأغراض المعمارية .

وتستخدم أحيانا بعض الأنواع الأكثر جودة في الأغراض الميكانيكية إنما

بكميات قليلة وأهم الممالك التي يرد منها الحديد الخام للبلاد المصرية هي

بلجيكا وفرنسا وألمانيا وبريطانيا العظمى .

التغليف — ذكرنا في أوائل هذا الفصل أن الحديد الخام والصلب الطرى غير قابلين للتقسية إذا سخنا لدرجة الحرارة الحمراء ثم غمرا في الماء البارد ، وذلك بعكس الصلب الناشف الذى يمتاز بهذه الخاصية ، لكن هناك عملية تعرف بالتغليف يمكن بواسطتها تحويل السطح الخارجى فقط للحديد الخام أو الصلب الطرى إلى صلب ناشف ، بينما يظل القلب على حاله لنا (طريا) وبهذه العملية يصبح السطح الخارجى صلبا (ناشفا) بينما يحافظ القلب على ليونته .

وعملية التغليف تجرى عادة على أجزاء المشغولات بعد الانتهاء من صنعها وتشكيلها ، وهى مهمة جدا فى صنع أجزاء الآلات المعرضة للصدمات والاهتزازات التى يتعرض بعضها لتآكل البعض الآخر . فالتغليف يمنع سطوحها المتلامسة من التآكل السريع من جراء الاحتكاك ، بينما ليونة القلب تقيها فعل الصدمات والاهتزازات .

وللتغليف أهمية أخرى لا تقل عن الأولى إلا وهى تقليل تكاليف الإنتاج لأجزاء الآلات السابق الإشارة إليها ، فلو صنعت هذه الأجزاء من الصلب الناشف لكانت تكاليفها باهظة . لأن الصلب الناشف بطبيعة صنعه أغلى ثمنا من الحديد الخام ومن الصلب الطرى ، ثم يتكلف كثيرا عند تشكيله بالطرق والحدادة وغير ذلك من المخارط والمقاشط والآلات التى يلزم مروره بها لتأخذ الأجزاء المصنوعة منه شكلها النهائى المطلوب . أما إذا صنعت هذه الأجزاء من الحديد الخام أو الصلب الطرى فإن التكاليف تكون أقل كثيرا لأن كلا الصنفين رخيص فى ثمنه ، كما أن تكاليف تشكيل الأجزاء المصنوعة منها على الآلات يكون أقل نظرا لليونة المعدن وقصر المدة التى يستغرقها تشكيله على الآلات ، وعدم إرهاقه لهذه الآلات خلال عملية

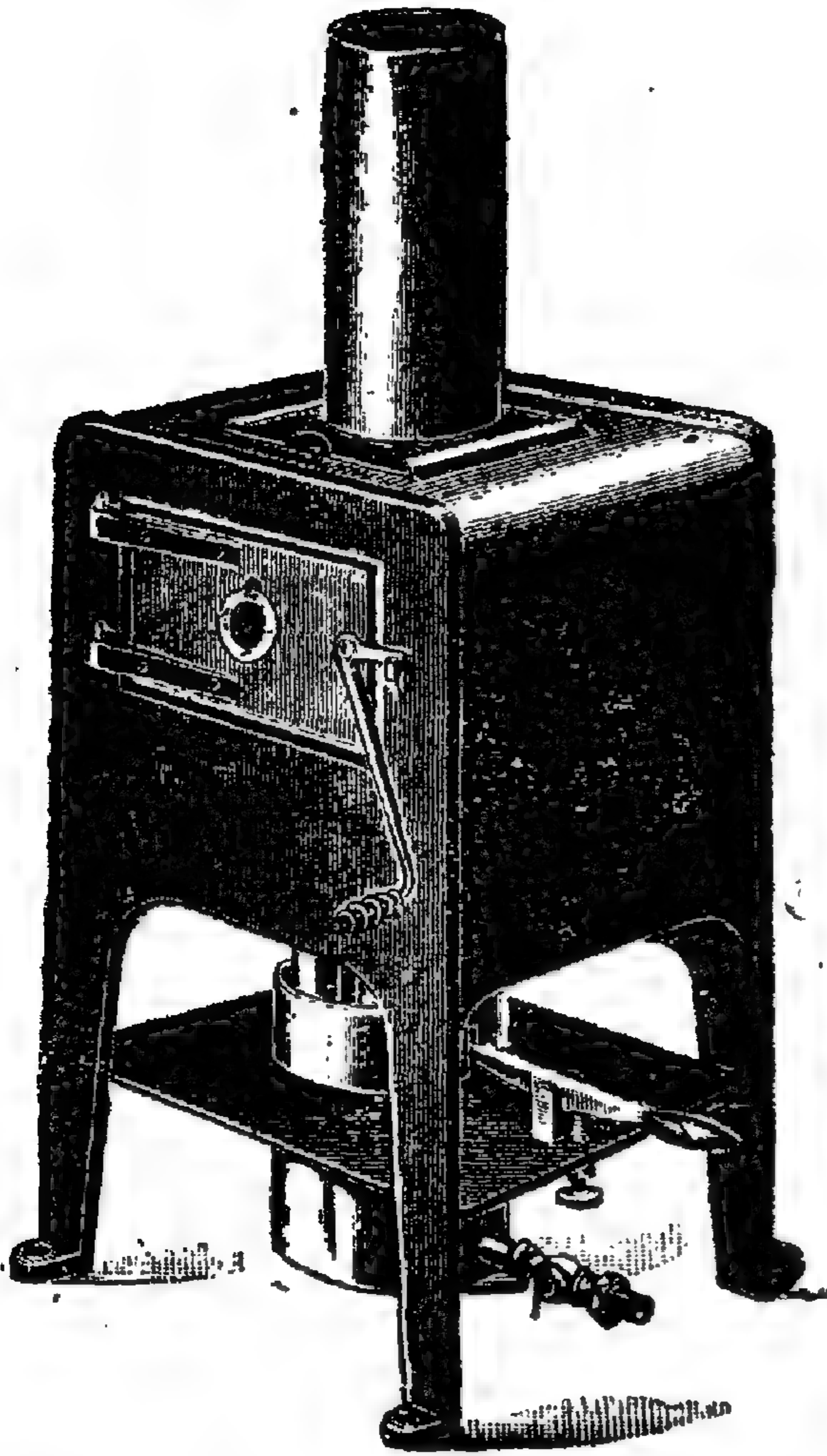
التشكيل . ولهذا السبب تصنع الكثير من الأدوات من الصلب الطرى أو الحديد الخام المغلفين كطواحين البن والبنوز وبعض المسامير وبعض أجزاء محركات السيارات .

والغلاف المقسى قد يكون طبقة رقيقة جدا لكنه قد يصل أحيانا إلى عمق $\frac{3}{16}$ من البوصة تبعا لنوع المشغولات المطلوبة .
ويجرى التغليف عادة بإحدى طريقتين :

(الأولى) وهى أسهل الطريقتين ، وتعرف باسم طريقة البوتاس وتستخدم فى الأحوال المستعجلة لا سيما فى التصلبجات ، ويكون الغلاف المقسى بواسطتها قليل العمق ، وهى تستعمل بكثرة فى الورش المصرية . وكيفية إجرائها أن يؤتى بالقطعة المطلوب تغليفها — بعد أن تكون قد أخذت شكلها النهائى — فيصقل سطحها جيدا ثم تسخن على كور الحديد إلى درجة الاحمرار الزاهى ويزال ما عليها من الأوساخ التى قد تنتج عن التسخين ، ثم يرش عليها مسحوق بروسيات البوتاس الأصفر^(١) فينصهر ويصبح سائلا وعندئذ يدعك جيدا على كل السطح المطلوب تقسيته حتى يمتصه السطح الساخن ، وبعد ذلك تسخن القطعة ثانيا إلى درجة الاحمرار القاتم وتغمر فى الماء أو الزيت فتقسو . وتتوقف كمية البوتاس المستعملة على سمك الغلاف المطلوب ، فكلما زاد السمك وجب استعمال البوتاس بسخاء ، أو تكرار العملية على القطعة الواحدة . أما إذا كان عدد القطع المطلوب تغليفها كبيرا فان البروسيات تذاب فى وعاء من الحديد ثم تسخن القطع إلى درجة الاحمرار فى الأكوار أو فى أفران خاصة ، وتغمر فى الوعاء ثم تسخن ثانية وتغمر فى الماء أو الزيت . والأفران

(١) يسمى أيضا سيانور البوتاسيوم الحديدي .

التي تستخدم في هذا الغرض متعددة الأنواع، ويستعمل في تسخينها الفحم أو زيت الوقود أو غاز الاستصباح . وشكل (٣١) يبين فرنا صغير الحجم



(شكل ٣١)
فرن التغليف

يسخن بـغاز الاستصباح ويصلح للورش المصرية الكائنة في المدن الكبرى التي يتوافر فيها هذا الغاز كالقاهرة والاسكندرية . وهذا الفرن مصنوع من الصاج وله بابان متقابلان حتى يمكن وضع الأجزاء الطويلة فيه ، وتيار الهواء الداخل للفرن يتولد بطريقة السحب الطبيعي ، وتنظم كميته بواسطة جهاز خاص حتى تتفق ونوع الغاز المستعمل . ويمكن رفع حرارة هذا الفرن إلى درجة ٩٠٠° مئوية إذا كان البابان مقفلين ، أما إذا ترك أحدهما

مفتوحا بسبب وجود قطع طويلة داخل الفرن فان درجة الحرارة قل أن تعدو ٨٥٠° مئوية .

(الثانية) وهي أهم الطريقتين وتعرف بطريقة الصندوق ، وتستخدم في المصانع الكبيرة ، وتتلخص في وضع القطع المطلوب تغليفها في صندوق من الحديد (أو من الطين الحراري) ذي غطاء قاطع للهواء ، ثم يوضع معها

بعض المواد المحتوية على الكربون كسحق العظام وقرون الماشية وجلودها أو بعض المستحضرات الخصوصية المشتملة على هذه الأصناف ^(١) . وبعد أن ترتب جيدا في الصندوق بحيث تكون محاطة من جميع نواحيها بالمواد الكربونية يقفل غطاء الصندوق قفلا محكما ، وكذلك جميع منافذه بحيث لا يتسرب الهواء إلى داخله من أى منفذ فيه ، وبعد ذلك يوضع الصندوق في فرن مخصوص ويحمى عليه لدرجة اللحم ولمدد تختلف باختلاف نوع القطع وحجمها وسمك الغلاف المطلوب . فالقطع التي يبلغ سمكها نحو ربع بوصة تمكث في الفرن نحو ساعتين والقطع المتوسطة الحجم التي يلزمها غلاف أسمك تمكث نحو خمس ساعات والقطع التي يلزمها غلاف سمكه من $\frac{1}{8}$ إلى $\frac{3}{16}$ بوصة تمكث من ١٥ إلى ١٨ ساعة تقريبا وهلم جرا . وبعد أن تمكث القطع الوقت المناسب لها في الفرن يسحب الصندوق وتستخرج منه القطع وتغمر في الماء أو الزيت فيقسو سطحها . ويلاحظ أن القطع المغلفة يكون سطحها لامعا إذا لم تعرض للهواء فان تعرضت له يتأكسد سطحها ويفقد لمعانه .

وخلاصة الطريقتين تتحصر في تفاعل البروسيات في الحالة الأولى والقرون والجلد والعظام في الحالة الثانية مع سطح الحديد أو الصلب الطرى فتكسبه جزءا من الكربون الموجود فيها وتجعله صلبا .

(١) تباع هذه المستحضرات في إنجلترا تحت اسم :

(Special patent case hardening mixtures)

الفصل الثامن

الصلب

الصلب — الفولاذ — وهو اسم يطلق عادة على بعض مركبات الحديد والكربون المختلطة بنسب صغيرة من المواد الغريبة الأخرى كالسليكون والمانجنيز والكبريت والفوسفور . وقد كان هذا الاسم يقصر فيما مضى على مستخرجات الحديد الغفل التي يمكن تقسيتهما بتسخينها إلى درجة الاحمرار ثم غمرها في الماء البارد . لكن ظهور صلب بسمر وغيره من الأنواع العادية وكذلك ظهور أنواع أخرى مستحدثة من الصلب جعل مدى هذا الاسم واسعا جدا ، فأصبح يشمل أنواعا كثيرة متباينة التركيب والخصائص . منها ما يشابه الحديد الخام في أغلب خصائصه ، بل ويزيد عنه في الليونة ولا يختلف عنه إلا في شكل مقطعه وسهولة قابليته للصهر والصب في قوالب . ومنها ما هو شديد الصلابة والمتانة ، ومنها ما ينفرد بصفات خاصة تكاد تجعله معدنا قائما بذاته . فلهذه الأسباب أصبح من الصعب جدا وضع تعريف شامل للصلب يضم جميع أنواعه المعروفة في الوقت الحاضر . لكن أنواع الصلب مهما اختلفت في تركيبها وخصائصها فانها تنحصر عادة في طائفتين :

(١) الصلب الكربوني — ويشمل جميع الأنواع التي تكتسب صفاتها البارزة من وجود عنصر الكربون بها بغض النظر عن العناصر الأخرى الداخلة عرضا في تركيبها .

(٢) صلب السبائك — ويطلق على جميع الأنواع التي تكتسب صفاتها البارزة من معدن آخر داخل في تركيبها زيادة عن عنصر الكربون .

وقد أفردنا لشرح الصلب الكربونى وخصائصه وطرائق استخراجه ومعالجته هذا الفصل وما يليه حتى نهاية الفصل الحادى عشر . كما أننا أتينا فى الفصل الثانى عشر على بيان موجز عن صلب السبائك وبعض الأنواع الأخرى المستحدثة من الصلب .

مميزات الصلب الكربونى — أهم ما يتميز به الصلب الكربونى عن الحديد النحام والزهر النحام هو كمية الكربون الداخلة فى تركيب كل منها . أما العناصر الأخرى فلا تأثير لها البتة فى تمييز نوع عن آخر ، وإن كان وجودها فى تركيب كل من هذه الأنواع يعدل خصائصه دون أن يفقده شخصيته .

ونسبة الكربون فى كل من هذه الأنواع الثلاثة هى على وجه العموم كما يأتى :

الزهر النحام فيه من ٢,٢ فى المائة إلى ٥ فى المائة كربون تقريبا .

الحديد النحام فيه من ٠,٠٤ فى المائة إلى ٠,٢٥ فى المائة كربون تقريبا .

الصلب فيه من ٠,٥ فى المائة إلى ١,٨ فى المائة كربون تقريبا .

أى أن الصلب وسط بين الحديد النحام والزهر النحام فى كمية الكربون المتوى عليها . لكن من هذا البيان يرى أن بعض أنواع الصلب قد تحتوى على نسب من الكربون تعادل ما قد يوجد فى بعض أنواع الحديد النحام . وعلى ذلك فكمية الكربون ليست هى العامل الوحيد فى تمييز هذه الأنواع الثلاثة بعضها من بعض .

أثر الكربون فى خصائص الصلب — الكربون هو أهم مركبات الصلب الكربونى بعد عنصر الحديد . أما العناصر الأخرى فإنها تعد مواداً غريبة

أو أوساخاً ، وبما أنه يصعب جدا صنع صلب خال من هذه المواد (محتو فقط على حديد و كربون) فانه كلما قلت نسبة هذه المواد في الصلب كان أنقى وأعظم جودة .

وأثر الكربون في الصلب وبالمثل أثر أغلب المواد الأخرى الداخلة في تركيبه — هو زيادة قوة تماسك الصلب (أى مقاومته للشد) وفي الوقت نفسه إنقاص قابليته للسحب . لكن الكربون يمتاز عن غيره بأنه أقدر العناصر على إكساب الصلب صلابة (أى نشوفة) ، وعلى ذلك فكلما زادت نسبة الكربون في تركيب الصلب زادت قوة تماسكه ونشوفته وقلت قابليته للسحب . لكن هذه القاعدة يلزم ألا تؤخذ على إطلاقها إذ أنها تتغير تبعاً لطرائق معالجة الصلب من حيث معدل تبريده بعد تسخينه وغير ذلك كما سىرى بعد .

وأثر الكربون في زيادة نشوفة الصلب هو العامل الرئيسى في تقسيم الصلب الكربونى إلى أنواعه المختلفة المعروفة في السوق .

أنواع الصلب الكربونى — توجد أنواع متعددة من الصلب الكربونى يختلف بعضها عن بعض في نسبة الكربون الداخلة في تركيب كل منها والأغراض التى يستخدم فيها . وقد جرى العرف الصناعى في أغلب الممالك وكذلك في البلاد المصرية على إدماج هذه الأنواع كلها تحت قسمين رئيسيين ، وهما : الصلب الطرى ، والصلب الناشف . لكن بعض الدوائر الصناعية في البلاد الأوربية تدمجها أحيانا تحت ثلاثة أقسام رئيسية وهى : الصلب الطرى ، والصلب المتوسط ، والصلب الناشف . ويلزمنا أن نفهم من بادئ الأمر أن هذا التقسيم اجتهادى محض إذ إنه من الصعب جدا وضع حدود دقيقة تفصل بين كل قسم وآخر .

الصلب الطرى — وتختلف نسبة الكربون فيه من ٠.٥ ٪ في المائة الى ٠.٢٥ ٪ في المائة تقريبا ، وهو شديد الشبه بالحديد الخام لدرجة أنه حل محله في كثير من الأغراض الصناعية المهمة وذلك للسببين الآتيين : —

(١) ان الاختبار والتجارب قد أثبتنا بطريقة قاطعة أفضلية الصلب الطرى عن الحديد الخام العادى (أو التجارى) من حيث الجودة والمتانة وسهولة الصنع .

(٢) رخص التكاليف نظرا لإمكان إنتاج الصلب الطرى بكميات كبيرة بواسطة الوسائل الحديثة .

لكن الصلب الطرى بالرغم من مزاياه هذه توجد منه بعض أنواع عادية صعبة فى لحامها وكبسها ، وذلك لافتقارها الى درجة حرارة عالية أثناء عملية اللحام يصعب الحصول عليها فى أكوار الحدادة ، ولاحتمال تشققها أثناء اللحام . أما الحديد الخام فهو بعكس ذلك سهل جدا فى لحامه ولا يتشقق ، ويتحمل الطرق الشديدة دون أن تقل جودته . وترجع هذه المزايا فى الحديد الخام الى طبيعة تكوينه ، اذ أن مقطعه مكون فى الغالب من ألياف تساعد على لحامه بسهولة بينما مقطع الصلب الطرى مكون من بلورات صغيرة (حبيبات) متجانسة فيصعب لحامه . وقد كانت هذه المزايا فى الحديد الخام من أهم أسباب انتشاره فى السنين الماضية فى صناعة المطروقات الكبيرة ، حيث كانت تعمل هذه المطروقات من أجزاء متعددة منه مطروقة على المطارق الآلية ثم تلحم بعضها مع بعض ، وتكبس فتصبح فى تماسكها وقوتها كما لو كانت مصنوعة من قطعة واحدة . لكن نظرا لما للصلب الطرى من مزايا أخرى تجعل له الأفضلية فى صناعة المطروقات الكبيرة فقد فتحت الحيلة الى المصانع طريقة أمكن الاستغناء بها كلية عن عملية اللحام ، وذلك

بأن تصنع هذه المطروقات من قطع كبيرة من الصلب الطرى تشكل على مطارق آلية ضخمة اخترعت خصيصا لهذا الغرض . ويرجع ذلك الى أن الصلب الطرى أمكن بسهولة الحصول على قطع كبيرة منه بخلاف الحديد الخام الذى يمكن أن يتحول الى مادة عجينة فيستفاد عادة من هذه الخاصية بتشكيله بواسطة الطرق والخام إلى الشكل المطلوب .

ويلزم ألا يفهم مما سبق أن الصلب الطرى غير ممكن لحامه بل بالعكس يمكن لحام الأنواع العادية منه وكبسها مع قليل من العناية، كما أن هناك أنواعا جيدة منه تعادل الحديد الخام فى سهولة لحامها لكن ارتفاع تكاليف صنعها يحول دون استعمالها بكثرة فى المشغولات العادية .

والجدول الآتى يبين تركيب عينة من الصلب الطرى وأخرى من الحديد الخام الجيد على سبيل المقارنة :

التركيب	فوسفور	كربون	سليكون	مانجنيز	نيتروجين	حديد	الجملة
صلب طرى	٠,٠٥	٠,٢٠	٠,٢	٥٠	لا شئ	٩٩,١٨	٩٩,٩٥
حديد خام جيد	٠,١٦	٠,٠٤	٠,٢٥	٠,١	٢,٦٠	٩٦,٨٥	٩٩,٩١

الصلب المتوسط — وتختلف نسبة الكربون فيه من ٠,٢٥ فى المائة الى ٠,٦ فى المائة تقريبا وهو وسط فى خصائصه بين الصلب الطرى والصلب الناشف إذ هو قابل للطرق والخام كالصلب الطرى تماما كما أن بعض أنواعه تقبل التقيسة والمراجعة كالصلب الناشف .

الصلب الناشف — تختلف نسبة الكربون فيه من ٠,٦ في المائة الى ١,٨ في المائة تقريبا ، وهو أمتن وأنشف من القسمين السابقين ، ويقبل عمليات التقسية والمراجعة . ولحام هذا الصلب صعب جدا إذ يلزم أن تكون نسبة الكربون في القطعتين المطلوب لحامهما واحدة ، فان لم تكن كذلك يلزم أن تحمى كل قطعة إلى درجة حرارة مختلفة تناسب وكمية الكربون الموجودة فيها ، ويستلزم الصلب الناشف في حدادته عناية أكثر مما يستلزمها الحديد الخام أو الصاب الطرى أو الصلب المتوسط لأنه يكون عرضة للتلف إذا لم يسخن لدرجة الحرارة المناسبة لتركيبه .

الطبع أى درجة النشوفة (Temper) — تتميز أنواع الصلب التى تقبل التقسية — وهى الصلب الناشف وبعض أنواع الصلب المتوسط — بعضها عن بعض بدرجة تشوفتها الخاصة لكمية الكربون الداخلة فى تركيبها . ويطلق على درجة النشوفة فى اللغة الانجليزية لفظ (Temper) ومعناها اللغوى ”الطبع“ واننا نرى أن هذا اللفظ يودى المعنى الموضوع له بغاية الدقة . فأنواع الصلب الشديدة النشوفة يقال عنها (hard tempers) أى الأنواع الشديدة الطبع . والأنواع القليلة النشوفة يقال عنها (Low tempers) أى الأنواع الهادئة الطبع ، وقد توسعوا فى هذه التسمية حتى أعطوا لكل درجة نشوفة طبعا خاصا بها كما يتضح ذلك من الجدول الآتى الذى يبين الأنواع المختلفة للصلب مقسمة اجتهاديا إلى طرى ومتوسط وناشف ، ومبين أمام الأنواع التى تقبل التقسية منها الطبع الذى يطلق عليها .

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون	صفات الصلب والأغراض التي يستخدم فيها
	من إلى	
صلب طرى	٠.٥ — ٠.٧	طرى وتصنع منه الأسلاك العادية .
	٠.٩ — ٠.١٢	» » » » وألواح الصفيح .
	٠.١٢ — ٠.٢٥	» قابل للطرق ويعمل منه البرشام .
	٠.١٥ — ٠.١٨	» » » » واللحام وتعمل منه السلاسل .
	٠.١٥ — ٠.٢٥	» وتعمل منه السيقات وكذلك ألواح الكبارى والمراكب .
	٠.١٥ — ٠.١٧	» وقابل للحام وتصنع منه ألواح الصاج التي تطعم .
	٠.١٧ — ٠.٢٠	» وتصنع منه الكرات .
	٠.١٧ — ٠.٢٥	» » » » ألواح المراحل البخارية العادية .
صلب متوسط	٠.٢٥ — ٠.٣٠	متوسط وتصنع منه بعض أجزاء المحركات كأذرعة التوصيل والكرنكات .
	٠.٣٠ — ٠.٣٥	» وتصنع منه سيقات المكابس للمحركات .
	٠.٣٠ — ٠.٤٠	» » » » أجزاء المدافع وبعض أجزاء قاطرات السكك الحديدية .
	٠.٣٠ — ٠.٦٠	» وتصنع منه قضبان السكك الحديدية .
	٠.٤٠ — ٠.٥٠	» » » » طباقات العجلات .
	٠.٤٠ — ٠.٦٠	» » » » أليابات الخوص .
	٠.٥٠ — ٠.٦٠	» » » » السلك .
		طبع صلب أليابات

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون	صفات الصلب والأغراض التي يستخدم فيها
-----------------	------------------------	--------------------------------------

الصلب الناشف

<p>ناشف ويقاوم الانحناء ويحمل الضغوط العظيمة . سهل اللحام والحدادة ويصلح لصنع المطارق والجواكيش ومقاطع الحدادة التي تشتغل على الساخن وعدد البنايين ومناقب المناجم والمحاجر والبلط والكسائر والاسطوانات الخ .</p>	٠.٧٥	<p>طبع صلب الاسطوانات</p>
<p>ناشف سهل اللحام والحدادة ويقاوم الانحناء ويصلح للأجنات والأزاميل اليدوية وعدد القلطة ومقاطع الحدادين التي تشتغل على البارد والمقصات وذكور القلاووظ الثقيلة الخ .</p>	٠.٧٨٥	<p>طبع صلب المقصات</p>
<p>ناشف ويمكن لحامه مع بعض العناية . سهل الحدادة ويقاوم الصدمات ويصلح لدكورة القلاووظ عموما والبراغل الكبيرة ولقم القلاووظ الكبيرة وزنب المخارط والأجنات التي تشتغل بالهواء المضغوط واسطوانات آلات ضرب القود والمدايات الخ .</p>	١.٠٠٠	<p>طبع صلب الأجنات</p>
<p>ناشف ومتين ودقيق المسام ويمكن حدادته ولحامه مع العناية التامة وهو أصلح أنواع الصلب الناشف للاستعمال في جميع الأغراض لكنه يصلح على الأخص لصنع المناقب والبراغل وبنط النجارين وسكاكين آلات الفريزة ولقم القلاووظ الصغيرة وذكورها وعدد التجارة الخ .</p>	١.١٢٥	<p>طبع صلب السنايك</p>
<p>ناشف وغير قابل للحام ويستلزم عناية كبيرة في حدادته وتقسيمته ومراجعته وهو أصلح أنواع الصلب لصنع الأقلام القاطعة للمخارط والمقاشط وآلات النقر وذكور القلاووظ ومبارد سن المناشير الخ .</p>	١.٢٥	<p>طبع صلب أقلام المخارط</p>

نوع الصلب وطبعه	النسبة المئوية للكربون	صفات الصلب والأغراض التي يستخدم فيها
طبع صلب الأمواس	١,٥ فأكثر	ناشف ولا يصلح للأغراض التي يتغير فيها الحمل بقاءة . غير قابل للحام ويستلزم عناية تامة في حدادته وتقسيته ومراجعته لأنه يتلف اذا زاد تسخينه عن اللازم . يصلح لصنع الأمواس وعدد الجراحة والأقلام القاطعة لمادة الفلكانيت وكذلك لصنع أجهزة سحب الأسلاك .

ويلزمنا أن نلاحظ هنا أمرين :

(أولا) أن طبع أى نوع من الصلب يمكن تغيير درجته بواسطة عمليات التقسية والمراجعة فيزداد أو ينخفض حسب الطلب وهذه العمليات سيرد شرحها تفصيلا في الفصل التاسع .

(ثانيا) أن الأسماء التي أطلقت على الطبائع المختلفة في الجدول السابق ليست إلزامية في مصانع الصلب بل كل مصنع له مطلق الحرية في إطلاق أى اسم يشاء على درجات النشوة المختلفة التي ينتهجها . فبعض المصانع مثلا يطلق على منتجاته طبع نمرة ١ بدلا من صلب الأمواس الواردة في الجدول وطبع نمرة ٢ بدلا من صلب أقلام المخارط وهلم جرا . فهذه الفوضى في التسمية تؤدي بالطبع إلى الارتباك ، وعلى ذلك يحسن عند طلب أى نوع من هذه الأنواع من المحلات الصانعة له تحديد الغرض الذي سيستخدم هذا النوع فيه .

كذلك يلزمنا أن نفهم من الآن أن الطبع "أى درجة النشوفة" لاعلاقة لها البتة بجودة الصنف ، لأن الطبع يتوقف فقط على نسبة الكربون المتحد مع عنصر الحديد فى الصلب ، بينما جودة الصنف تتوقف على جودة الحديد الداخلى فى صناعة الصلب وخلوه من المواد الغريبة المضرة به ، فالأصناف الجيدة مثلا من صلب البنادق المصبوك تصنع من أجود أنواع الحديد الخام الخالى من الكبريت والفوسفور والزرنيخ الخ . وهذا يستدعى استخدام أنقى أنواع الحديد الغفل الكثير التكاليف . وبالجمله يمكننا أن نقول إن الطبع مقياس ، لدرجة نشوفة الصلب فقط بينما جودة الصنف مقياس لثقاء الصلب وطول عمره ومقدرة العدد التى تصنع منه على كثرة الإنتاج .

وقد دل الاختبار على أن طلب طبع مخصوص لكل عدة حسبها هو مبين بالجدول السابق مفيد جدا من الوجهتين الاقتصادية والإنتاجية فى المصانع الكبيرة التى تقوم بصنع العدد بالجمله لنفسها أو للبيع ، لكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للورش المتوسطة أو الصغيرة التى تستخدم الصلب الناشف فى صنع العدد والأقلام اللازمة لها فقط ، لأن وجود أنواع كثيرة بها يؤدى الى الارتباك والإسراف ، وعلى ذلك يقتصر عادة فى هذه الورش على ثلاثة أنواع أو أربعة على الأكثر ، يمكن أن تعمل منها جميع العدد اللازمة وإعطائها أية درجة نشوفة مطلوبة بطرق التقسية والمراجعة .

أثر العناصر الأخرى فى خصائص الصلب

السليكون — وآثاره غير مقطوع بها ، وإن كانت على العموم شبيهة بآثار الكربون من حيث زيادتها ل تماسك الصلب ، وإتقاصها من قابليته للسحب لكن بدرجة أقل من الكربون . وتكون هذه الآثار أكثر وضوحا كلما كانت

نسبة السليكون كبيرة، لكن السليكون يدخل دائماً في تركيب الصلب بنسب بسيطة لا تترك آثاراً ظاهرة فيه ، ولا تحدث فيه أضراراً محسوسة . ومن مزايا السليكون أنه يساعد على عدم حصول بنبخة في مسبوكات الصلب ، وكذلك يساعد على اختزال الأوكسجين من أوكسيد الحديد الذي قد يوجد في الصلب . ولهذا السبب تضاف أحيانا على الصلب أثناء صنعه كمية من بعض مركبات السليكون كالسليكون الحديدي أو السليكون الحديدي المانجنيزي لمنع تكون أوكسيد الحديد المذكور .

الكبريت — ووجوده بالنسب المعتادة لا يؤثر بالكلية على خصائص الصلب من حيث المتانة وقابلية السحب ما دام الصلب بارداً . لكن وجود أية كمية من الكبريت في الصلب يحدث آثاراً واضحة فيه ، فيجعله هشاً على الساخن وكثيراً ما تتشقق حوافي كتل الصلب لهذا السبب عند إمرارها وهي ساخنة في آلات الجلف . وهذا الأثر يكون ظاهراً جداً إذا قاربت نسبة الكبريت في الصلب ٠,١ في المائة، وعلى ذلك لا يسمح بنسبة الكبريت أن تتجاوز ٠,٠٦ في المائة في صنع أنواع الصلب التي يحتمل تشكيلها وهي ساخنة . والكبريت الموجود في الصلب قد يأتي إليه من الزهر الذي يصنع منه ، وأحيانا من الوقود المستخدم في ذلك لكن قل أن يوجد الكبريت في الصلب الناشف المحتوى على نسب كبيرة من الكربون، وذلك لأن الحديد الذي يصنع منه هذا الصلب يكون عادة خالياً من الكبريت ، وأيضاً لأن الكربون الموجود فيه يساعد على طرد الكبريت منه .

الفوسفور — ويعتبر أكبر عدو لصانعي الصلب لا لكونه في ذاته أكثر ضرراً من الكبريت ، بل لاحتمال دخوله في تركيب الصلب بكميات كبيرة غير مقبولة في الغالب . والفوسفور إن وجد في الصلب لغاية ٠,١ في المائة

فالظاهر أن تأثيره على متانة الصلب يكون بسيطا جدا مادامت نسبة الكربون فيه بسيطة . كذلك لا تأثير للفوسفور مطلقا على باقى خصائص الصلب وهو ساخن حتى ولو زادت نسبته الى واحد فى المائة .

لكن وجود الفوسفور فى الصلب بنسبة ٠,١ فى المائة أو أكثر يجعله هشاً على البارد، وعلى ذلك لا يسمح لنسبة الفوسفور أن تتجاوز ٠,٠٥ فى المائة أو ٠,٠٦ فى المائة فى أنواع الصلب العادية و ٠,٠١ فى المائة فى أنواع الصلب الناشف المحتوية على نسب كبيرة من الكربون، لأن الفوسفور يكون أكثر ضرراً فى أنواع الصلب الناشف التى تزيد فيها نسب الكربون .

المانجنيز — ويدخل دون استثناء فى تركيب الصلب الطرى حيث يضاف اليه أثناء صنعه . وأثر المانجنيز فى الصلب أن يزيد فى تماسكه وقساوته وهشاشته ، وينقص من قابليته للسحب ، كما أنه يلطف كثير من الأضرار التى يحدثها وجود الكبريت والفوسفور فيه ، وتتغير نسبته تبعاً للغرض الذى سيستخدم الصلب فيه ، لكنها يلزم ألا تزيد على وجه العموم عن ٠,٠٦ فى المائة ولو أنه توجد أنواع من الصلب تبلغ فيها نسبة المانجنيز ٠,١ فى المائة أو أكثر كما فى بعض قضبان السكك الحديدية . ووجود المانجنيز فى الصلب يزيل منه أكسيد الحديد .

الزرنىخ — ويوجد نادراً فى الصلب ، وبنسب صغيرة جداً فإن بلغت هذه النسب ٠,١ فى المائة فلا يكون لها إلا أثر بسيط فى جودة المعدن ، لكنها إن زادت عن ذلك تجعله هشاً على الساخن وتضعف من قابليته للحام وإن زادت إلى ٠,٥ فى المائة فإنها تفقده قابليته للحام كلية .

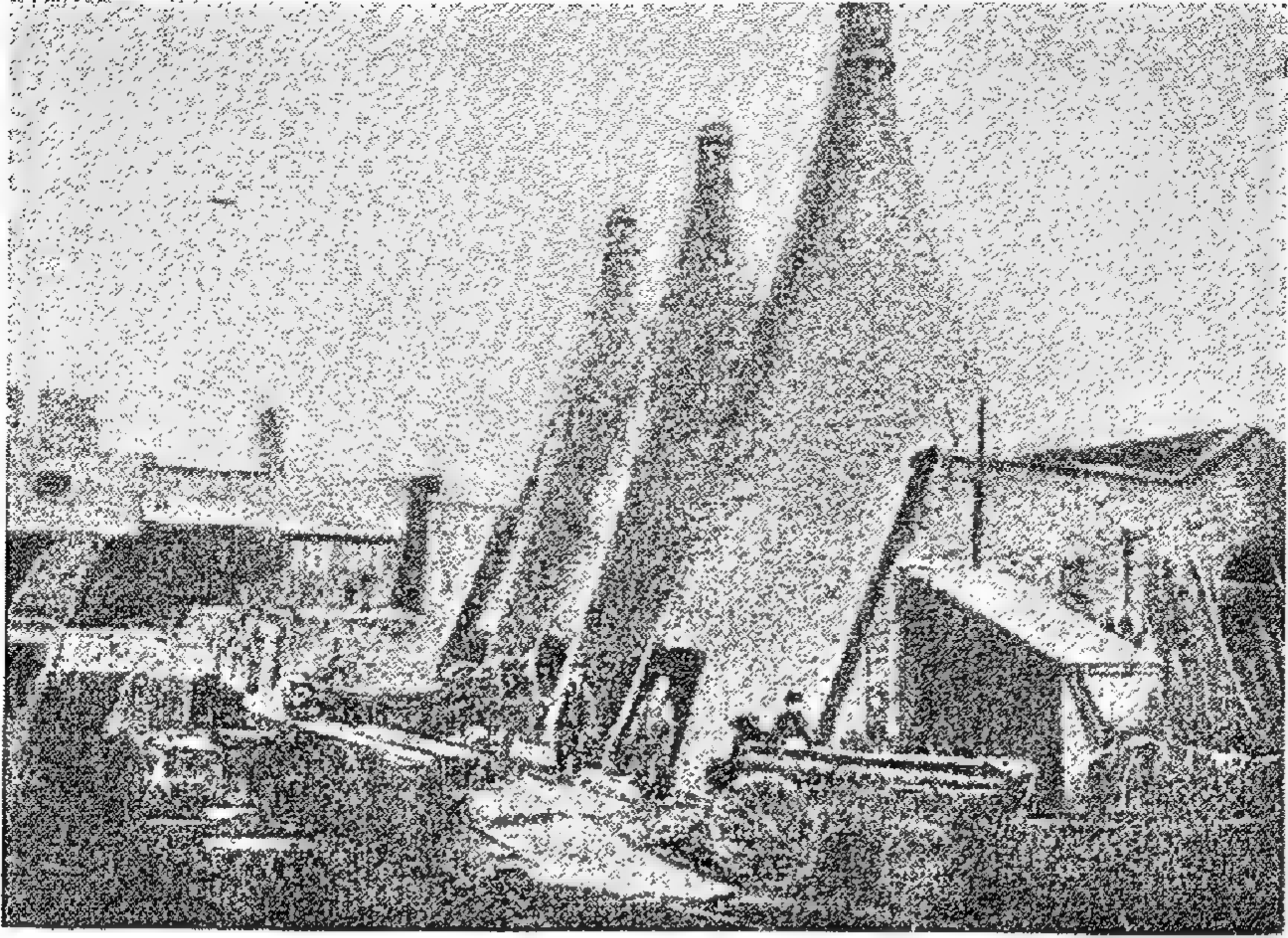
النحاس — وليس له أثر محسوس في خصائص الصلب إلا أنه يزيد قليلا في قوة تماسكه .

العناصر الأخرى — وهناك عناصر أخرى مختلفة تدخل في تركيب الصلب لكن بنسب ضئيلة لا تحدث فيه آثارا محسوسة لذلك رأينا إغفال ذكرها .

طرائق صنع الصلب — ذكرنا في أوائل هذا الفصل أن الصلب وسط بين الحديد والحام والزهر الحام في نسبة الكربون المحتوى عليها . ومن هذا يمكننا أن نستنتج أن الصلب إما أن يصنع من الحديد الحام بإضافة كمية من الكربون إليه ، وإما من الزهر الحام بإختزال جزء من الكربون منه . وهذا هو المتبع فعلا في أغلب الطرائق المستخدمة لذلك في الوقت الحاضر . فان الصلب إما أن يصنع من الحديد الحام كما في الطريقة الأسمنتية وإما من الزهر الحام كما في طريقتي الفرن الواطي المفتوح وبسمر بفروعها .

الطريقة السمنتية أو طريقة التصليد — وقد آثرنا استعمال الاسم الانجليزي لهذه الطريقة لتعذر إيجاد لفظ عربي يدل عليها تماما . ومعنى Cementation في لغة "علم أستخلاص المعادن" ، العملية التي يمكن بواسطتها لأي معدن أن يمتص عنصرا صلبا اذا سخن معه . وهذا هو ما يحصل تماما في استخراج الصلب من الحديد الحام بهذه الطريقة ، فان الحديد الحام يوضع في فرن ويحاط بمادة غنية بالكربون (وهو عنصر صلب) ثم ترفع درجة حرارة الفرن فيمتص الحديد الحام الكربون ويتحول إلى صلب وربما كان أوفق لفظ عربي يؤدي هذا المعنى هو (طريقة التصليد)

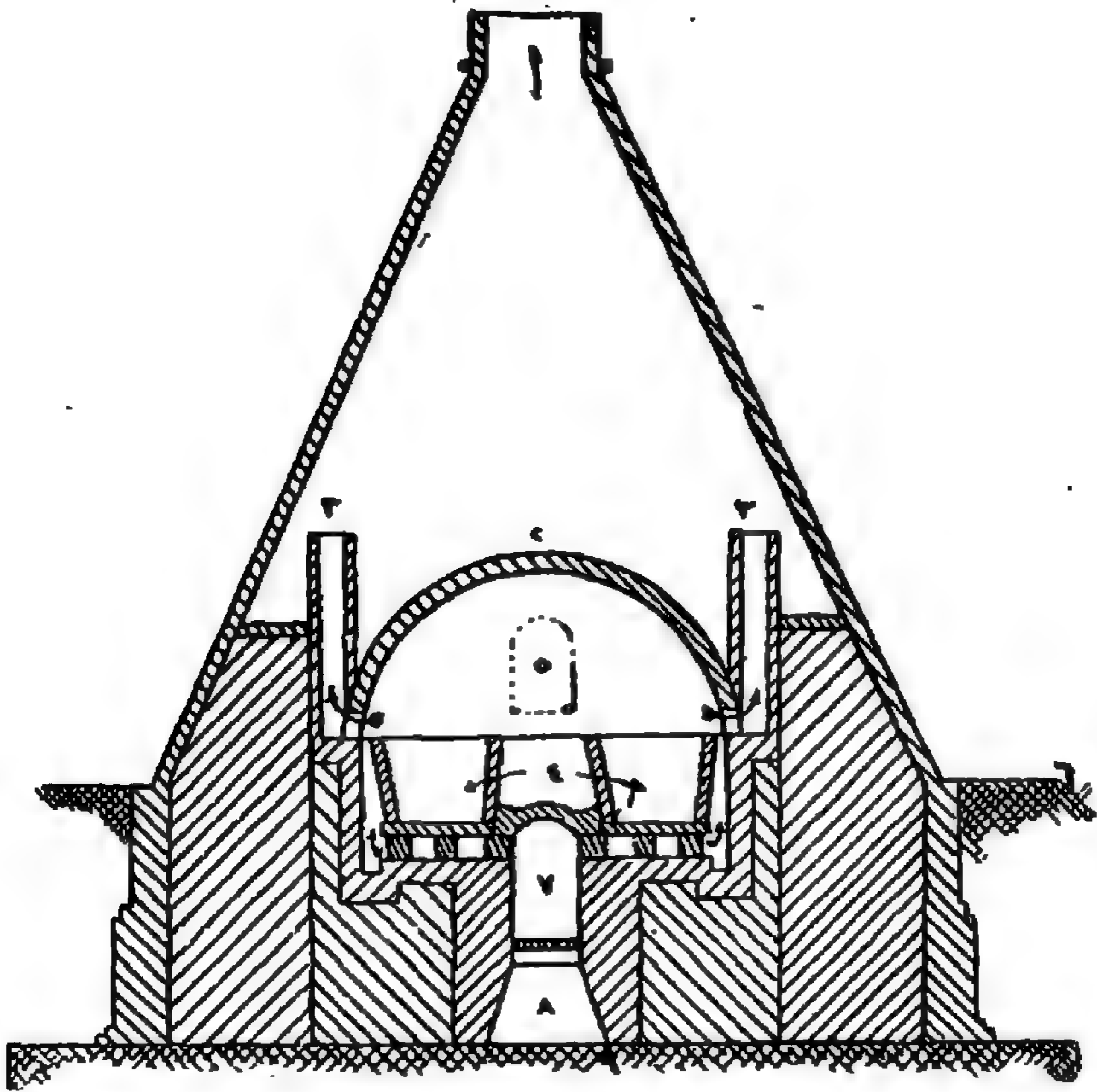
والأفران المستعملة في هذه الطريقة تسمى الأفران السمنتية (أفران
التصليد) وشكل (٣٢) يبين مجموعة منها .



(شكل ٣٢ — مجموعة من الأفران السمنتية "أفران التصليد")

وشكل (٣٣) يبين قطاعا طويلا لواحد منها . وقبو هذا الفرن وجدرانه
الداخلية مبنية كلها بالطوب الحراري ، وبيت النار ممتد من وجهة الفرن
الى نهايته ويوضع أعلى بيت النار على جانبيه صندوقان متوازيان يرتكزان على
قوالب من الطوب ، ويكون الوضع بكيفية تسمح للهواء بحرية المرور تحت
هذين الصندوقين وحولهما ، وأبعاد كل من هذين الصندوقين من ١٢ - ١٥
قدما في الطول ، ٤ أقدام في العرض ، ٣ أقدام في العمق . ويصنع كل
منهما من ألواح من الطين الحراري أو الحجر الحراري تلصق بعضها ببعض
بواسطة الطين الحراري وتشحن في هذين الصندوقين أسياخ الحديد الخام
المطلوب تحويلها الى صلب . ويغطي الفرن جميعه عادة بالطين حتى يحتفظ
بحرارته على قدر الامكان ، ويحاط جسمه بجدار خارجي ينتهي الى مدخنة

مخروطية تنفذ إليها الغازات الناتجة من احتراق الوقود عن طريق ممرات رأسية موجودة في النهاية العليا لقبو الفرن ثم تنسرب الغازات من هذه المدخنة الى الجو . ويوجد في واجهة الفرن باب للوقود يعلوه باب آخر متسع يسمح للعمال بالدخول الى جوف الفرن وشحن الصناديق أو تفريغها ، ويقفل



(شكل ٣٣ — قطاع طولى للفرن الأسمنتي)

- (١) المدخنة (٢) القبو (٣) ممر الدخان (٤) صندوق التحويل
(٥) باب الفرن (٦) سطح الأرض (٧) بيت النار (٨) بجوة الرماد
(٩) نرأساة

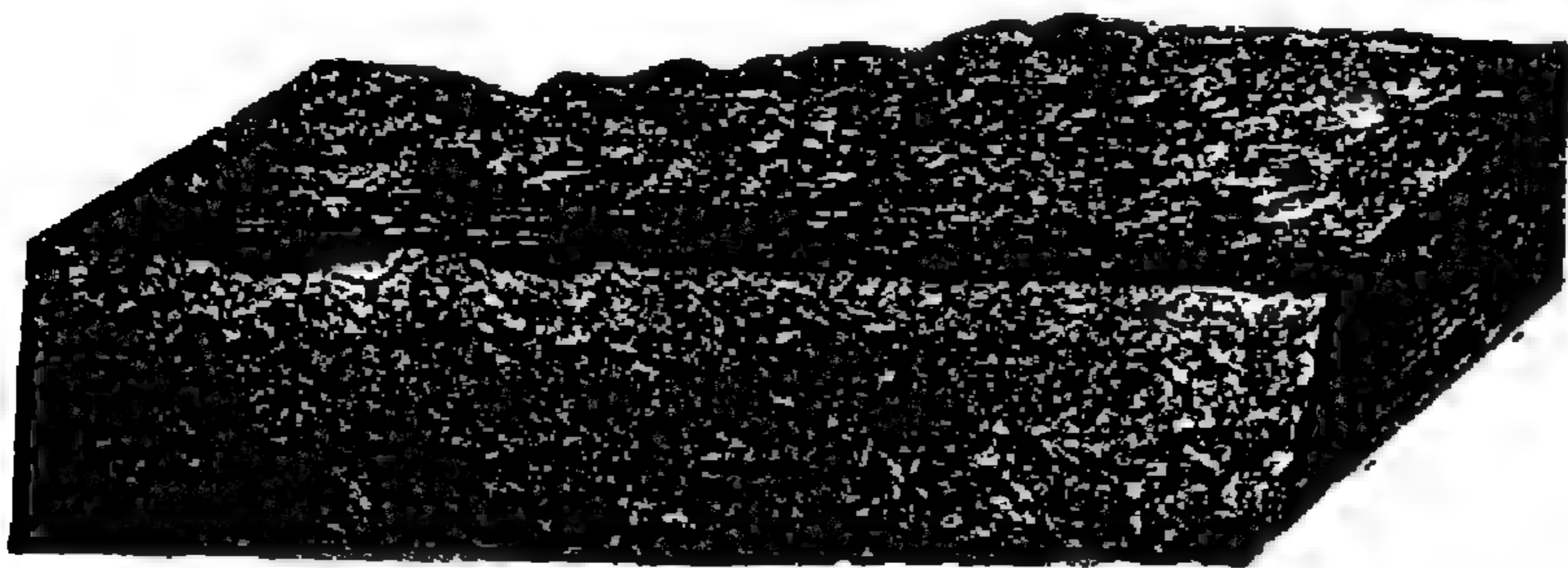
الباب الأخير أثناء اشتغال الفرن بقوالب من الطوب بعد أن تترك فيه فتحة مربعة ، وتترك فتحة أخرى مثلها ومقابلة لها في الجدار الخارجى حتى يمكن أن تسحب منها الأسياخ المطلوب تجربتها من وقت لآخر ، وتتملأ الصناديق

بسيقان من أجود أنواع الحديد الخام طول كل ساق منها نحو عشرة أقدام وقطاعه العرضى مستطيل $3 \times \frac{3}{4}$ بوصة وذلك بالطريقة الآتية :

يوضع أولاً فى قاع الصندوق طبقة مكونة من قطع صغيرة جداً من فحم الخشب لا يزيد حجم القطعة منها عن الحمصة ، ثم توضع فوقها طبقة من سيقان الحديد بحيث يبعد كل ساق نحو نصف بوصة عن الساق المجاور له ، ويملاً الفراغ الواقع بين كل ساقين متجاورين بفحم الخشب ثم توضع طبقة أخرى من الفحم . وبعدها طبقة من الأسياخ ثم يتكرر وضع هذه الطبقات على التعاقب حتى يمتلئ الصندوق بشرط أن تكون الطبقة العليا من فحم الخشب . ويؤتى بعد ذلك بمسحوق التجليخ^(١) المتجمع من المواد التى تتطاير أثناء تجليخ الصلب على أحجار الجليخ أو أحجار المسن ، وتوضع أعلى الصندوق لمنع نفاذ الهواء الى سيقان الحديد الخام لأن هذا المسحوق ينصهر قليلاً أثناء عملية التحويل فى الفرن ويستحيل الى جسم صلب ، فيصير بمثابة غطاء للصندوق قاطع للهواء . ويراعى عند ملء الصندوق أن تترك أطراف بعض سيقان الحديد الخام بارزة من فتحات معدة لذلك فى جوانب الصندوق حتى يمكن سحب أحد هذه السيقان من وقت لآخر أثناء اشتعال الفرن بعد سد فتحته بالطين الحرارى . والساق المسحوب يترك حتى يبرد ثم يكسر ويفحص مكسره لمعرفة الى أى حد وصلت عمماية التحويل . و يلزم أن تكون الصناديق قاطعة تماماً للهواء ، لأن الهواء إن نفذ الى جوفها يؤكسد

(١) هذا المسحوق يحصل عليه عادة من أحواض أحجار الجليخ أو أحجار المسن . فعندما تسن الأعلام الصلب على هذه الأحجار يختلط مسحوق الصلب الذى يتطاير من الأعلام مع مسحوق السليكا الذى ينفصل عن حجر الجليخ أو حجر السن ونظراً للحرارة التى تتولد أثناء عملية التجليخ أو السن فإن بعض مسحوق الصلب يتأكسد وعلى ذلك فسحوق التجليخ هو مركب مكون من الصلب وأوكسيد الحديد والسليكا .

سطح الحديد الخام ويتلفه ، وعند ما يتم ملء الصناديق توقد النار في الفرن فترتفع درجة حرارته تدريجيا ، ففي ظرف ٢٤ ساعة ترتفع الحرارة لدرجة الاحرار البسيط ثم في ظرف ٥٠ ساعة تصل الحرارة الى الدرجة البيضاء (من ١٢٠٠° — ١٣٠٠°) مئوية وهي الدرجة اللازمة لتحويل الحديد الى صلب ، فيحافظ على هذه الدرجة مدة تختلف من ٤ الى ٨ الى ١٠ أيام أو أكثر قليلا تبعا لجودة الحديد الخام المستعمل ونوع الصلب المطلوب استخراج منه . فاذا ما تم ذلك تترك النار حتى تنطفئ ببطء من تلقاء نفسها ، فيبرد الفرن تدريجيا وذلك يستغرق نحو أسبوع . ثم تسحب السيقان منها بعد أن تكون قد امتصت ما يلزمها من الكربون واستحالت من حديد إلى صلب . وهذه السيقان التي كانت في الأصل حديدا خاما ذا مقاومة عظيمة للثني والالتواء تصير — بعد استحالتها الى صلب — هشة ويملا سطحها الخارجي بما يشبه الجرب أو الفقاقيع ولذلك اصطلحوا في البلاد الانجليزية على تسمية هذا الصلب باسم الصلب ذي الفقاقيع ، لكننا نستحسن أن نطلق عليه اسم "الصلب الأجرب" وشكل (٣٤) يبين منظر هذا الصلب . ومع أن



(شكل ٣٤ — الصلب الأجرب)

السيقان التي تكون أقرب الى بيت النار أثناء عملية التحويل تمتص كمية من الكربون أكثر من غيرها إلا أن قلب جميع السيقان يظل حديدا خاما ، لأن

الكربون لم يتمكن من النفاذ اليه . وعلى ذلك فالصلب المستخرج بهذه الطريقة يكون صلبا من الخارج وحديدا خاما من الباطن ، هذا فضلا عن هشاشة وتبلور مقطعه وعدم تجانسه وعدم انتظام توزيع الكربون فيه . فلتلافى هذه العيوب تجرى على الصلب المذكور إحدى العمليتين الآتيتين :

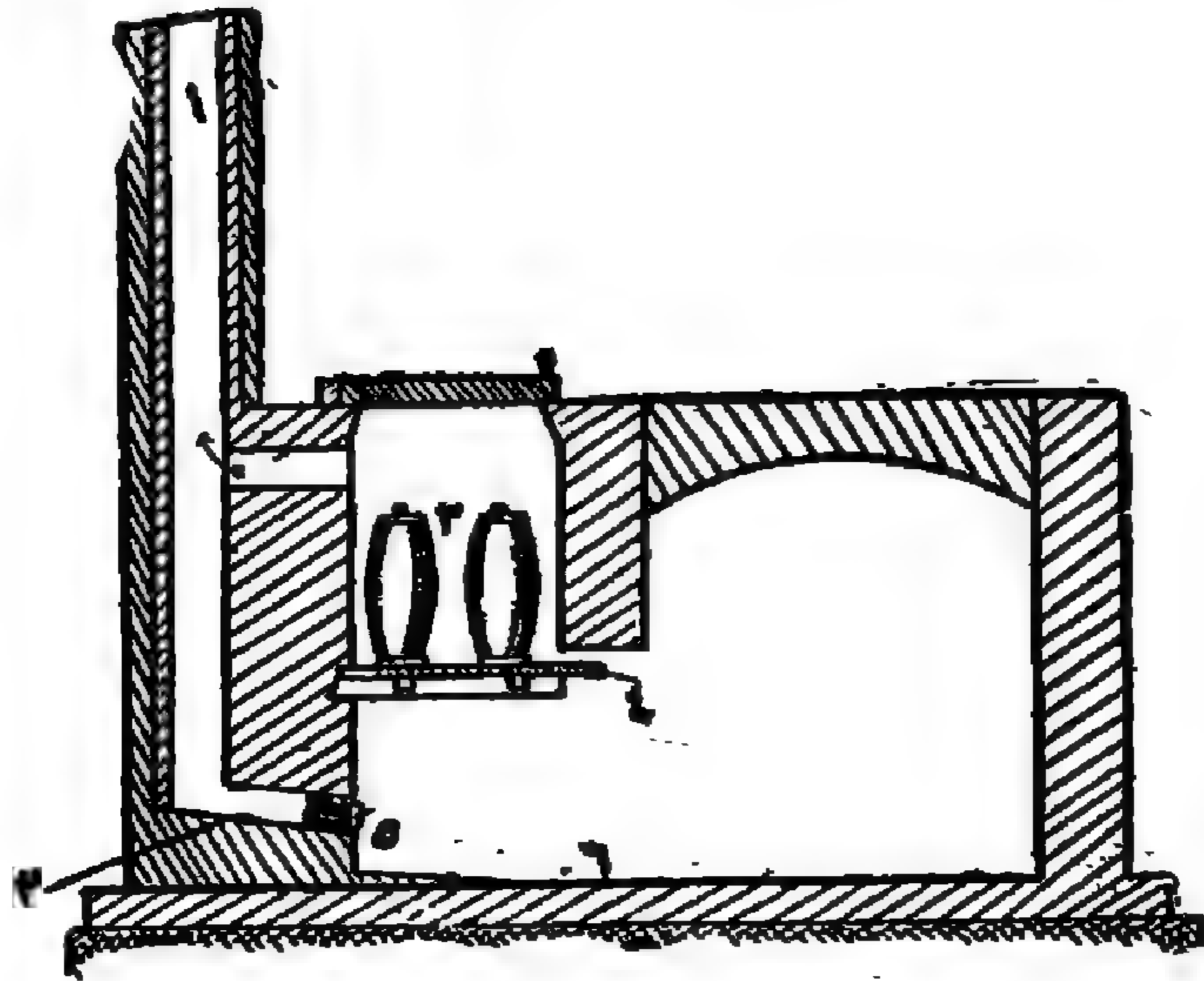
العملية الأولى — وتتلخص في قطع أو قص الصلب الأجرب الى قطع طول الواحدة منها نحو ١٨ بوصة ، ثم تؤخذ كل ستة منها وتضم بعضها الى بعض على شكل حزمة ، وتربط بأسلاك من صلب ، ثم توضع في فرن تشبه فرن التقلب وترفع حرارتها الى درجة اللحام ، وتطرق بقوة تحت المطارق الآلية حتى تلتحم أجزاؤها ، وبعد ذلك توضع في آلة الجلخ فتحول الى سيقان متينة متجانسة خالية من الجرب ، وتسمى هذه السيقان بالصلب المقصوص ، وهى مع ذلك ليست صلبا صرفا بل هى خليط من الصلب والحديد اللام أكثر اندماجا وتجانسا من الصلب الأجرب . أما اذا أريد الحصول على سيقان أكثر تجانسا وأشد نشوفة من الصلب المقصوص فتقطع سيقان هذا الصلب أو تقص الى قطع صغيرة ثم تؤخذ كل قطعتين منها وتحزم إحداهما مع الأخرى وتوضع الحزم في الفرن السابق الإشارة إليه ، وترفع حرارتها الى درجة اللحام ثم تطرق بالمطارق وتوضع تحت آلات الجلخ ، فالسيقان الناتجة من ذلك تسمى بالصلب المزدوج القص .

وبما أنه يخشى أثناء عملية التسخين من تأكسد السيقان لذلك يغطى سطح الصناديق عادة بالطين أو بمسحوق التجلخ الذى من طبيعته أن ينصهر من شدة الحرارة فيكسوها بطبقة مانعة للتأكسد .

العملية الثانية — وتتلخص في صهر الصلب الأجرب في بواق خاصة وإعادة صبه في قوالب . وليس هناك أقوى من عملية الصهر على إزالة

العيوب وإيجاد التجانس ، وعلى ذلك فالصلب الناتج من عملية الصهر هو أحسن أنواع الصلب الناشف الكربوني وأشدّها تجانسا وأصلحها لصنع الأدوات القاطعة كالسكاكين ومشارط الطب وأقلام المخارط والمقاشط الخ ، وكذلك لصنع الزنبركات الدقيقة مثل زنبركات الساعات والفونوغرافات وما شاكلها ويعرف هذا الصلب باسم ” صلب البوداق المسبوك ” تميزا له من الأنواع الأخرى من الصلب المسبوك المستخرج بطريقة بسمراً والفرن الواطى المفتوح وتفاصيل هذه العملية كما يأتي :

صلب البوداق المسبوك — يؤخذ الصلب الأجرب ويكسر الى قطع صغيرة ، ثم يوضع في بوداق صغيرة الحجم مصنوعة من خليط مركب من أنواع مختلفة من الطين الحرارى والجرافيت ، وتغطى هذه البوداق بأغطية من الطين الحرارى ثم توضع كل منها من أفران الصهر على قرص من الطين الحرارى أيضا . وشكل (٣٥) يبين قطاعا رأسيا لفرن من هذا الطراز به جملة مواقد يوضع في كل موقد منها زوج من البوداق ، ويملاّ باقى فراغ



(شكل ٣٥)

- | | | |
|----------------|--------------------|-------------------|
| (١) المدخنة | (٢) مجرى الهواء | (٣) البوداق |
| (٤) المصبغات | (٥) سدادة الهواء | (٦) علية الرماد |

الموقد بفحم الكوك ثم يوقد الفحم . وتنظم درجة حرارة الفرن بواسطة سدادة (٥) من الطوب موضوعة في فوهة الممر السفلى للمدخنة (٢) فإذا ماسدت الفوهة بهذه السدادة اضطرب تيار الهواء الآتى الى الفرن أن يأخذ طريقه الى المدخنة خلال المصبغات (الباط) (٤) والموقد فيحترق الفحم بشدة وترتفع درجة حرارة الفرن . أما اذا رفعت السدادة فان أغلب تيار الهواء يسلك الى المدخنة مباشرة عن طريق الممر السفلى (٢) دون أن يمر بالموقد فيحترق الفحم ببطء وتتنخفض درجة حرارة الفرن تبعا لذلك . وعند ما يتم انصهار الصلب يضاف اليه وهو في البوادر أحد مركبات المانجنيز الذى يتحلل ويعطى الصلب جزءا من مانجنيزه فيحسن نوعه كثيرا ، وبعد ذلك ترفع البوادر من المواقد بواسطة ملاقط وتزال الأوساخ من على وجهها ويصب الصلب فى قوالب مصنوعة من الزهر^(١) . ويمنع الصلب من الالتصاق بهذه القوالب بتعريض جدرانها الى الدخان الناتج من احتراق قطران الفحم فتكسى هذه الجدران من الداخل بطبقة من الهباب تحول دون الالتصاق .

والحكم على درجة الحرارة التى يتعم عند صب الصلب فى القوالب يستلزم خبرة تامة لأن الصلب المحتوى على نسبة قليلة من الكربون يلزم صبه على درجة حرارة عالية عقب الانصهار مباشرة . أما الصلب الذى يحتوى فى الأصل على نسبة من الكربون أكثر مما يجب أن تكون فيه بعد الصهر فيلزم تقليل كمية الكربون التى فيه قبل إخراجها من الفرن ، وذلك بتركه بعد انصهاره مدة معينة داخل المواقد حتى يصل الى حالة الهدوء ، وعندها يستخرج ويصب فى القوالب ، لأنه اذا صب وهو فى حالة الغليان فانه يصير إسفنجيا

(١) القوالب الكبيرة تسع محتويات عدة بوادر دفعة واحدة .

(مبخبضا) بعد تجده ، أما اذا ترك الصلب مدة أكثر مما يلزم في الفرن فانه يصبح هشاً لامتصاصه جزءاً من السليكون الداخل في تركيب البوداق .

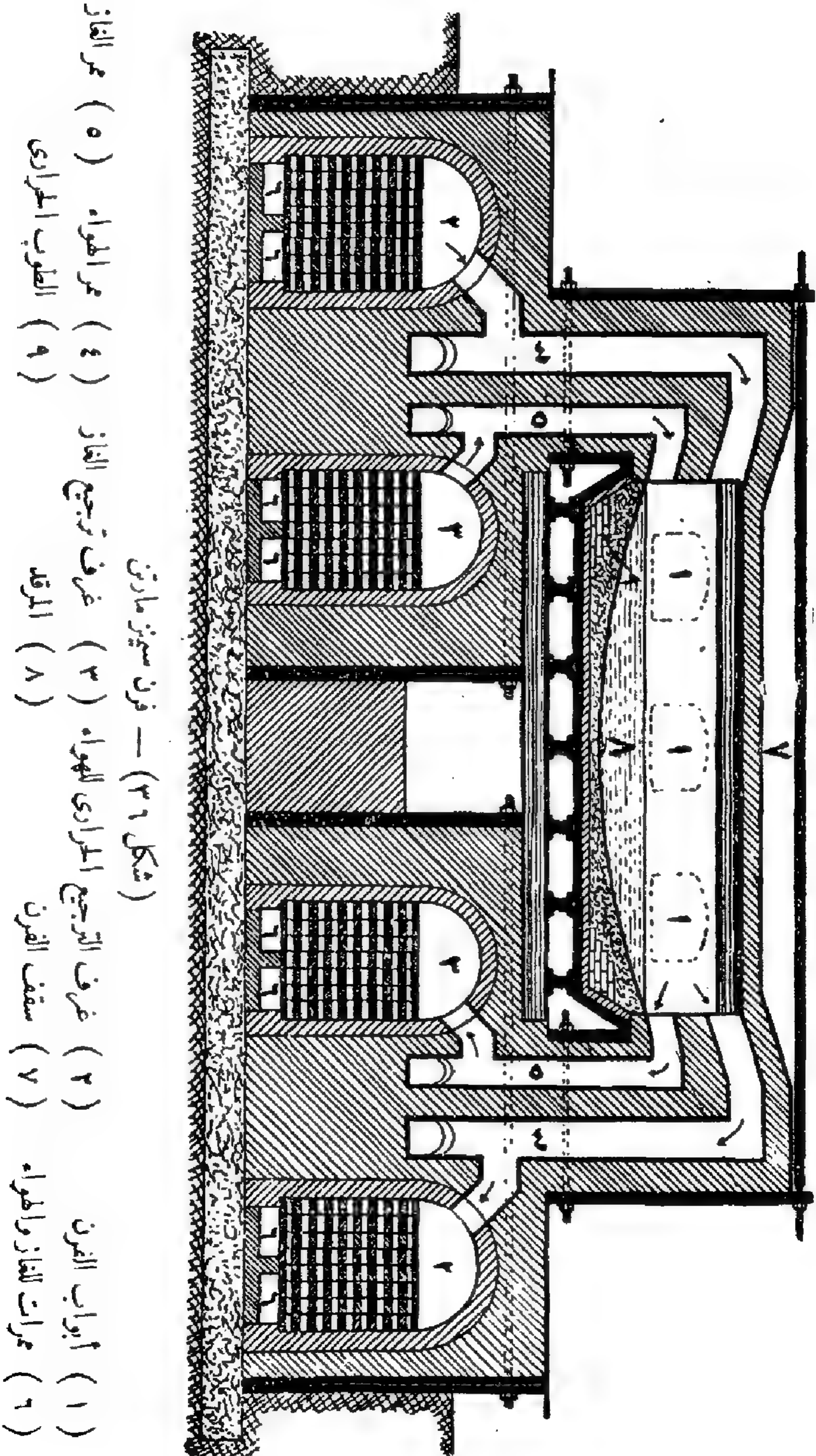
ويمكن الاستعاضة عن الصلب الأجرب بالحديد الخام في هذه العملية فيوضع الأخير في البوداق ويضاف عليه جزء من الفحم النباتي أو أحد مركبات الحديد والفحم ، وتجري عليه نفس العملية السابق شرحها . لكن الصلب الناتج يكون أقل كثيراً في جودته من الصنف المصنوع من الصلب الأجرب .

طريقة الفرن الواطئ المفتوح — وتسمى أيضا طريقة سميتزمارتن :

وتشمل جميع العمليات التي تجرى في فرن سميتز شكل (٣٦) والوقود المستعمل فيها هو غاز المحضرات الذي يحضر من فحم الإتراسيت أو الغاز الطبيعي الذي يتفجر من ينابيع طبيعية في باطن الأرض .

وشكل (٣٦) يبين قطاعاً طويلاً لفرن من هذا الطراز وهو يشتغل على طريقة الترجيع الحراري السابق شرحها في مسخنات الهواء المستعملة مع الأفران العالية . ويبني الفرن جميعه من الطوب الحراري ، ويقوى بالواح من الصاج الصلب وبالكمرات ، وتمسك أجزاء الفرن بعضها ببعض بواسطة شدادات من الحديد أو الصلب . ويقوم بناء الفرن على أربعة عيون مقيمة ، العينان (٢) منها للهواء و (٣) للغاز . وهذه العيون الأربعة تشتغل بمثابة غرف للترجيع ، وتملأ بالطوب الحراري بحيث يترك فراغ بين كل طوبة ومجاورتها كي يتمكن الهواء أو الغاز من حرية المرور خلالها ، وتتصل هذه العيون بممرات داخل جدران الفرن ينفذ منها الهواء أو الغاز إلى العيون ” ٤ و ٥ “ عن طريق أبواب معدة لذلك في النهايات العليا للممرات . ويوجد داخل الفرن مرقد ” ٨ “ مجوف يبطن فرشاه إما بمادة حامضية وإما بمادة

قاعدية تبعا لترتيب الزهر الخام المطلوب تحويله إلى صلب كما سيبين ذلك بعد . أما فجوات الغبار وتقع أسفل "٤ و ٥" موضوعة لغرض جمع الغبار



(وأحيانا الخبث) الذى يقذفه الفرن أثناء اشتغاله لأنه لو ترك هذا الغبار حتى يصل إلى المرجعات فانه يسد الفتحات البسيطة الواقعة بين قوالبها .

وعند إشتغال الفرن يأتى الغاز من موارده (المحضرات أو الينابيع الطبيعية) عن طريق قناة فى باطن الأرض إلى قاع مرجع الغاز فيتخلله ثم يسلك منه إلى المرفسطح المرقد ، ويرد الهواء عن طريق قناة أخرى فى باطن الأرض إلى مرجع الهواء ومنه إلى المرفسطح المرقد .

وأقبية الهواء وممراته وأبوابه منفصلة انفصالا تاما عن أقبية الغاز وممراته وأبوابه بحيث لا يختلط الاثنان إلا فوق سطح المرقد حيث يحصل الالتهاب . وأبواب الغاز والهواء منحدره إلى الداخل ، وهذا الإنحدار يساعد على توجيه اللهب إلى المعدن المطلوب صهره .

فاذا فرضنا أن الغاز والهواء يدخلان الفرن من الجانب الأيسر فان الغازات الناتجة من الإلتهاب فوق المرقد تخرج من الممرات الواقعة فى الجانب الأيمن للفرن وتمر بالمرجعات فى طريقها إلى المدخنة . ونظرا لارتفاع درجة حرارة هذه الغازات فانها تسخن المرجعات أثناء مرورها بها . والأسهم الموجودة الشكل تبين الطريق الذى يسلكه الهواء والغاز منذ دخولهما الفرن قبل الإلتهاب حتى خروجهما منه بعد الإلتهاب . فاذا ما استمر الهواء والغاز فى المرور بهذا الاتجاه نحو عشرين دقيقة مثلا فان المرجعات الواقعة على الجانب الأيمن تسخن جدا وعندئذ ينعكس اتجاه الغاز والهواء بواسطة صمامات خاصة فيدخلان من الجانب الأيمن للفرن ويمران بالمرجعات المرتفعة الحرارة فيساعد ذلك على التهاب الغاز بشدة عند اختلاطه بالهواء داخل غرفة المرقد ثم تخرج الغازات الملتهبة من الجانب الأيسر للفرن .

فمن هذا يرى أن الصمامات ينعكس وضعها من وقت لآخر ، وأنه ينتج عن انعكاسها تسخين وتبريد مرجعات الغاز والهواء من الجانبين على التوالي . وكل مرة تنعكس فيها الصمامات تزداد حرارة الفرن حتى تصل إلى درجة يمكن عندها انصهار المعدن . أما سقف غرفة المرقد فإنه مصنوع على شكل قبة منخفضة فيعكس اللهب على المعدن ويساعد على صهره . انظر شكل (٣٦) .

وبما أن هيكل الفرن يتمدد عند اشتغاله وارتفاع حرارته وينكش عند إخراج الصلب وبرودة الفرن ، لذلك أعدت صواميل في أطراف الشدادات تفك قليلا عند التمدد وتربط عند الانكماش .

وطريقة الفرن الواطئ المفتوح إما أن تكون حامضية وأما قاعدية تبعا لتركيب الزهر المطلوب تحويله إلى صلب . ففي الطريقة الحامضية يبطن فرش المرقد بمادة حامضية كالرمل وفي الطريقة القاعدية يبطن الفرش بمادة قاعدية كالجير . وتستعمل الطريقة الحامضية في تحويل الزهر الخام المحتوى من الأصل على نسبة قليلة من الفوسفور . أما إذا كان الزهر الخام محتويا من الأصل على نسبة متوسطة من الفوسفور فإن الطريقة التي تستخدم في تحويله هي القاعدية وذلك للأسباب التي ستذكر بالتفصيل عند شرح كل طريقة من هاتين الطريقتين .

طريقة الفرن الواطئ المفتوح الحامضية — يبطن فرش المرقد في هذه الطريقة بخليط من الرمل بعضه أبيض يحتوى على نحو ٩٨,٥ في المائة من السليكا ولا ينصهر عند درجة حرارة الفرن ويوجد بكثرة في بلجيكا . والبعض الآخر من الجانستر الذي ينصهر في حرارة الفرن فيساعد بانصهاره على تماسك أجزاء الرمل بعضها ببعض .

وفرش المرقد مبنى بالطوب الحرارى ، قترش فوقه طبقة رقيقة من الخليط الرملى تنصهر قليلا عند ارتفاع حرارة الفرن وتلتصق بطوب الفرش ثم تكرر عملية وضع الطبقات الرملية الرقيقة حتى تتكون منها بطانة سميكة متماسكة . ثم يؤتى بعد ذلك بنجث حامضى ويوضع فوق البطانة الرملية ويحرك على سطحها حتى يصبح هذا السطح زجاجيا لامعا ، وعندها يستخرج النجث ، ويوضع بدلا منه شحنة صغيرة من الزهر الخام ، ثم يلقى فوقها كمية من نردة الصلب أو نردة الحديد أو الاثنين معا ، ويماذر أثناء وضعها من سقوط القطع الرقيقة منها على سطح البطانة الرملية أو جوانبها لأنها تتأكسد بسرعة وتسبب خدوشا فى البطانة فتتلفها . ثم تكرر عملية الشحن بهذه الطريقة تدريجيا حتى يمتلأ الفرن بشحنته الكاملة ولا يتم ذلك إلا بعد أن يكون الفرن قد اشتغل مدة ثلاثة أو أربعة أيام كاملة ، ويستمر الفرن فى العمل ليلا ونهارا دون انقطاع ولا يوقف إلا إذا دعا الأمر إلى إجراء بعض تصليحات به . وهذا الشغل المستمر قد يستديم من شهرين ونصف إلى ثلاثة أشهر .

والشحنة الكاملة تختلف من خمسة أطنان إلى أربعين طنا تبعا لحجم الفرن ، وتتكون مبدئيا من الزهر الخام ونردة الحديد أو الصلب أو الاثنين معا كما سبق بيانه ، ثم يضاف إليها بعد انصهارها كمية من الحديد الغفل الغنى بالأوكسجين ، وعند ما تقرب عملية التحويل من الانتهاء يضاف إلى الشحنة كمية من الحديد المانجنيزى أو الأسبيجل تبعا لنوع الصلب المطلوب استخراج طريا كان أم ناشفا .

والزهر الخام الذى يستعمل فى الطريقة الحامضية يلزم أن يكون محتويا على نسبة قليلة جدا من الفوسفور . والجدول الآتى يبين العناصر الغريبة التى يحتوى عليها نوع من الزهر الجيد الذى يستعمل فى هذه الطريقة :

العنصر	النسبة المئوية
كربون	٣ر٥٠
سليكون	٢ر٠٠
فوسفور	٠ر٠٥
كبريت	٠ر٠٥
مانجنيز	٠ر٧٨

ونظرا لأن الفوسفور وكذلك الكبريت لا يقل مقدارهما أثناء عملية التحويل فى الطريقة الحامضية ، بل بالعكس يزداد هذا المقدار قليلا لأن الزهر الخام وهو منصهر يمتص كمية من الفوسفور والكبريت الداخلة فى تركيب الحديد الغفل والمانجنيز الحديدى والاسبجل (١) لذلك يلزم ألا يحتوى الزهر الخام

(١) الاسبجل ويسمى بالانجليزية Spiegel or Spiegeleiser هو نوع مصقول من الحديد الغفل يحتوى على مانجنيز من ٣٥ — ٣٠ فى المائة وعلى ٥ فى المائة من الكربون فان نقصت نسبة المانجنيز فيه عن ٦ فى المائة فانه لا يصلح لصناعة الصلب . أما المانجنيز الحديدى فهو مركب أهم عناصره الحديد والمانجنيز والجدول الآتى يبين تركيب نوع من الاسبجل وآخر من المانجنيز الحديدى :

المركبات	الاسبجل	المانجنيز الحديدى
كربون	٥ر٠٠	٢ر٣٠
مانجنيز	١.٥ر٠٠	٧٧ر٠٠
سليكون	٥ر٨٠	٠ر٨٠
كبريت	٠ر٢	٠ر٠١
فوسفور	٠ر١٠	٠ر١٠
حديد	٧٩ر٠٨	١٥ر٧٩
الجملة ...	١٠٠ر٠٠	١٠٠ر٠٠

ملحوظة :

الاسبجل يمكن استخراجه الآن صناعيا بواسطة أفران عالية بطريقة شبيهة باستخراج الزهر الخام ويمكن أن يحتوى على نسبة مختلفة من المانجنيز قد تبلغ ٣٠ فى المائة .

وكذلك يمكن استخراج المانجنيز الحديدى بطريقة مشابهة وقد تبلغ نسبة المانجنيز فيه الى ٨٥ فى المائة .

المستعمل في هذه الطريقة على أكثر من ٠.٥ ر في المائة من كل من هذين العنصرين .

والفاعل الكيميائي الذي يحصل داخل الفرن أثناء عملية التحويل يتم في ثلاثة أدوار كما يأتي :

الدور الأول — وفيه تنصهر الشحنة المعدنية المكونة من الزهر الخام ونخردة الحديد أو الصلب ، وفي خلال هذا الدور يتأكسد نحو نصف السليكون وثلاث المانجنيز الموجودين في الشحنة .

الدور الثاني — وفيه تضاف الى الشحنة المبدئية كمية من الحديد الغفل الغني بالأوكسجين كالهاتيت المحتوى على ٧٠ إلى ٨٠ في المائة من أوكسيد الحديد فينتج عن هذه الاضافة تأكسد أغلب السليكون والمانجنيز الباقيين من الدور الأول ، وكذلك تأكسد جزء من الكربون الموجود في الشحنة .

الدور الثالث — وفيه يتحول باقي الكربون الموجود في الشحنة الى أول أوكسيد الكربون بتفاعله مع أوكسجين الهاتيت ويتصاعد أول أوكسيد الكربون من سطح المعدن المنصهر فيجعل السطح مضطربا كأنه في حالة غليان وفي نهاية هذا الدور يوضع داخل المرقد ويجوار أبوابه كفيه من الحديد الغفل الغني بالكربون والسليكون وتترك في هذا الموضع حتى ترتفع درجة حرارتها ثم تدفع الى قلب المعدن المنصهر وتقلب فيه بسرعة فتفاعل معه وتضع حدا لغليانه . وعندئذ تضاف الى المعدن المنصهر كمية من الاسبيجل ان كان الصلب المطلوب استخراجاه متوسطا أو ناشفا . ثم يستخرج المعدن المنصهر من الفرن عقب ذلك مباشرة ويستقبل في أوعية معدنية كبيرة تسمى

ملاعق^(١) تنقله الى حفرة القوالب^(٢) . أما اذا كان الصلب المطلوب استخراج طريا فتضاف اليه كمية من المانجنيز الحديدي قبل إخراج من الفرن وأثناء استقباله في الملاعق بعد إخراج .

وقبل استخراج الصلب المنصهر من الفرن تؤخذ منه عينة في ملعقة من الحديد وتبرد وتطرق على شكل خوصة ثم تكسر ، ومن منظر مكسرها يمكن الحكم تقريبا على نوع الصلب ونسبة الكربون الموجودة فيه . أما اذا أريد معرفة نسبة الكربون على وجه التحقيق فان العينة تفحص كيميائيا بطريقة الاختبار اللوني .

(١) الملاعق المستعملة في طريقة الفرن المفتوح سواء أكانت حمضية أم قاعدية هي أواني معدنية ضخمة مبطنة بمادة حرارية وتكفي الواحدة منها لأستقبال شحنة الفرن بأكملها ولها ثقب في قاعها يقفل بإسدادة وتنقل هذه الملاعق على خطوط حديدية مارة أعلى حفرة القوالب المرصوفة فيها فتفتح السدادة الموجودة في قاع الملعقة فتصب محتوياتها في القوالب .

(٢) قوالب الصب المستعملة في طريقة الفرن المفتوح أو طريقة بسمر هي دوائر معدنية تختلف في سعتها من ٥ قناطر الى ٧ أطنان تبعا لنوع الشكل المطلوب عمله من الصلب . وقطاعها إما أن يكون مربعا وإما مستطيلا وإما على شكل مسدس . وقطاعها من أعلى أضيق من قطاعها من أسفل ليسهل رفعها بعد تجمد الصلب . أما قوالب الصب التي تستخدم في صنع الألواح اللازمة لتصفية المراكب الحربية فأكبر من ذلك بكثير وقد يسهل الواحد منها من ٨٠ إلى ١٠٠ طن وشكله شبيه بلوحة .

والجدول الآتى يبين التغير الكيميائى الذى يطرأ على نوع من الصلب
الطرى فى الأدوار المختلفة التى يمر بها أثناء عملية التحويل بهذه الطريقة .

المركبات	التركيب				
	زهر خام وصلب خردة	عند الانصهار	عند بدء الفلتان	قبل اضافة المانجنيز الحديدي	الصلب الطرى المستخرج
فوسفور	٠.٠٥	٠.٠٥	٠.٠٥١	٠.٠٥١	٠.٠٥٢
كربون	٢.٩٠	٢.٧٠	٢.٥٠٠	٠.١٠٠	٠.١٩٠
سليكون	١.٦٠	٠.٩٠	٠.٥٠٠	٠.٠٢٠	٠.٠٢٠
مانجنيز	٠.٧٠	٠.٥٠	٠.١٠٠	لا شئ	٠.٥٥٠
حديد	٩٤.٧٠	٩٥.٨٠	٩٩.٨٩٦	٩٩.٧٧٦	٩٩.١٣٤
المجموع ...	٩٩.٩٥	٩٩.٩٥	٩٩.٩٤٧	٩٩.٩٤٧	٩٩.٩٤٦

أما الأدوار التى يلعبها الأسيدجىل والمانجنيز الحديدي فى صناعة الصلب
فهى :

- (١) انهما يختزلان الأوكسيجين من المعدن المصهور .
 - (٢) انهما يعطيان جزءا من كربونهما الى المعدن المصهور بقدر معين
لتحويله الى النوع المطلوب من الصلب .
 - (٣) انهما يعطيان جزءا من مانجنيزهما الى الصلب المطلوب فيخففان
من الأضرار التى تصيبه من جراء وجود الكبريت والفوسفور فيه .
- أما السبب فى كون إضافة الإسيدجىل تعطى صلبا متوسطا أو ناشفا بينما
إضافة المانجنيز الحديدي تعطى صلبا طريا فيتضح بسهولة عند الرجوع الى

جدول تركيب هاتين المادتين اذ يرى من هذا الجدول أن نسبة الكربون الى المانجنيز في الأسبيجل هي الثلث تقريبا بينما هذه النسبة في المانجنيز الحديدى $\frac{1}{12}$ تقريبا .

وبما أن كمية المانجنيز المطلوب اضافتها الى المعدن المنصهر واحدة في الحالتين فاضافة الأسبيجل تعطى كمية من الكربون تبلغ نحو أربعة أضعاف ما يعطيه المانجنيز الحديدى ، وعلى ذلك يكون الصلب الناتج من إضافة الأسبيجل أكثر في كربونه ونشوفته من الصلب الناتج من إضافة المانجنيز الحديدى .

الخبث الناتج من الطريقة الحامضية — هذا الخبث يكون دائما طافيا على وجه الصلب المصهور أثناء وجوده في المرقد ، فعندما ينتهى استخراج الصلب المصهور واستقباله في الملاعق لا يبقى بعد ذلك في الفرن غير الخبث ، وعندئذ تنقل الملعقة ويسمح للخبث بالسقوط من نفس الفتحة الى الأرض أو الى قوالب مخصوصة . ووزن هذا الخبث يعادل تقريبا من ١٢ — ١٤ في المائة من وزن شحنة الفرن . ويستخدم على الأخص في رصف الطرق وخطوط السكك الحديدية .

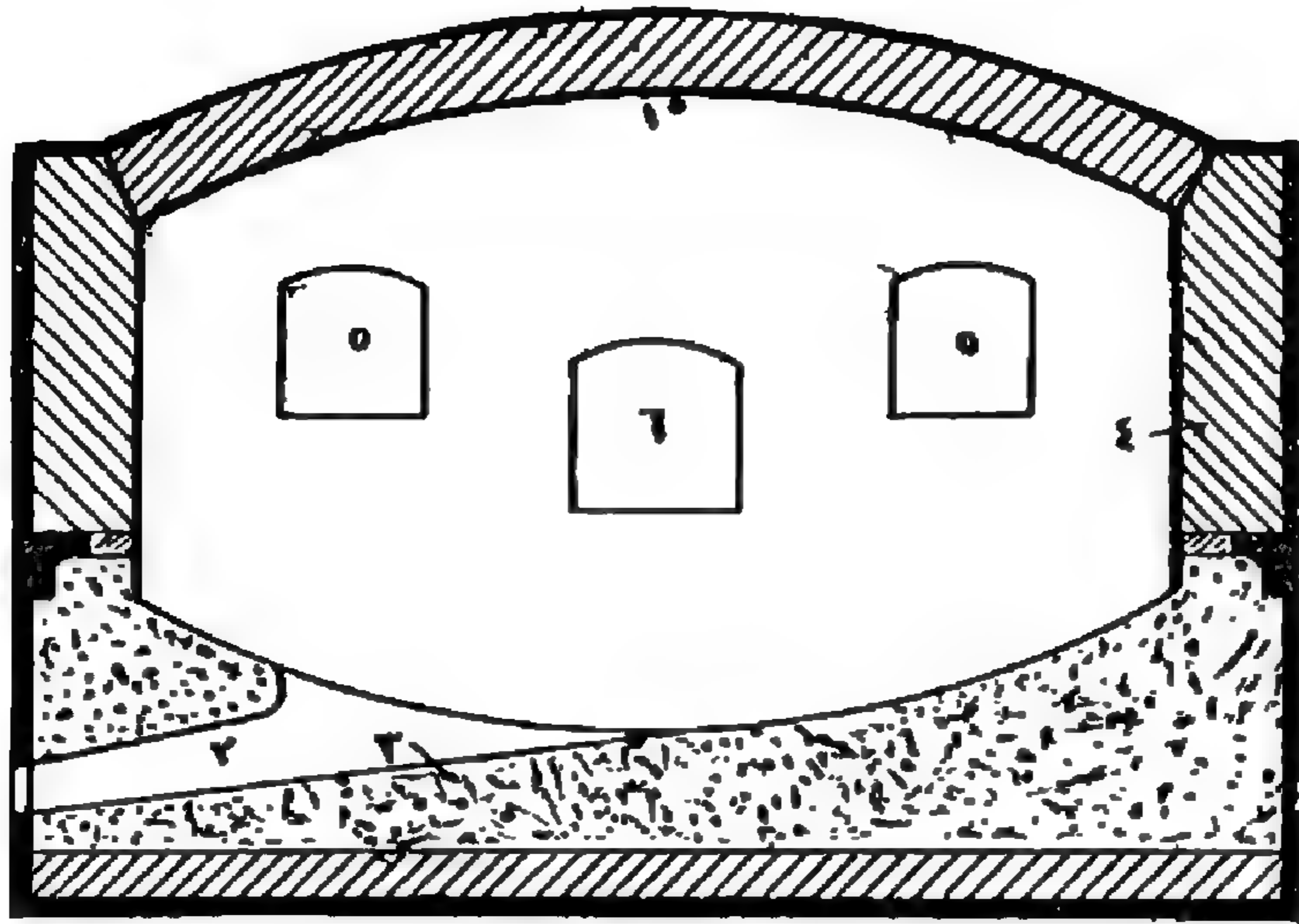
طريقه الفرن الواطئ المفتوح القاعدية — وهى تشبه الطريقة الحامضية من جميع الوجوه ولا تختلف عنها إلا في كون بطانة فرش المرقد تصنع من مادة قاعدية وأن الشحنة يضاف عليها بعض المواد القاعدية أيضا . والزهر الحام الذى يستخدم في هذه الطريقة هو الذى يحتوى على نسبة متوسطة من الفوسفور تكون أكثر مما يمكن استئصاله بالطريقة الحمضية وأقل مما يلزم بطريقة بسمر القاعدية التى سورد ذكرها فيما بعد .

والسبب الأساسي في تبطين فرش المرقد بمادة قاعدية هو أن المواد القاعدية التي تضاف على الشحنة لأستئصال الفوسفور منها تتفاعل مع البطانة ان كانت حمضية فتلفها ، لكنها لا تتفاعل معها ان كانت قاعدية . والمواد القاعدية التي تستعمل في هذه الطريقة هي : الدولوميت ، والماجنتيت ، ثم حجر الجير المضاف اليه قليل من القطران . واختيار أى نوع من هذه الأنواع الثلاثة يتوقف على أيها يكون أكثر توافرا وأقل تكاليفا في مناطق صناعة الصلب .

وكيفية تبطين فرش المرقد بالمادة القاعدية هي تماما كيفية تبطينه بالرمل في الطريقة الحمضية . لكن نظرا لكون المواد القاعدية تتكلس بسهولة من تأثير الحرارة لذلك لا يعمل منها غير بطانة فرش المرقد . أما جدرانه وسقفه فتبنى بالطوب الرملى وتتخذ الإحتياطات الكافية لعدم تمكين المواد القاعدية من التفاعل كيميائيا مع هذا الطوب . وشكل (٣٧) يبين مرقد فرن سيمتر والإحتياطات التي تتخذ فيه لمنع التفاعل بين المواد القاعدية والطوب الرملى (يوضع طبقة عازلة بينهما) .

شحنة الفرن — الزهر الخام المستعمل في هذه الطريقة تكون نسبة الفوسفور فيه متوسطة ونسبة الكبريت فيه قليلة جدا لعدم امكان استئصالها منه أثناء عملية التحويل ، وهذا الزهر الخام يحتوى تقريبا على نحو ١,٧٥ في المائة من الفوسفور ومثلها من المانجنيز و ٣,٥ في المائة من الكربون ولا تزيد نسبة السليكون والكبريت فيه عن واحد في المائة للأولى و ٠,٠٦ في المائة للثاني .

وتتألف الشحنة المبدئية من الزهر الخام المذكور مختلطا بكمية من خرقة الحديد أو الصلب بنسبة ٢٥ إلى ٣٠ في المائة فاذا ما انصهرت الشحنة يضاف اليها كمية من الجير وكمية من الحديد الغفل الغنى بالأوكسجين .



(شكل ٣٧ — تبطين الفرن بالمادة القاعدية)

(١)	سقف الفرن المقي
(٢)	خروج المعدن
(٣)	المواد القاعدية
(٤)	طوب رملي
(٥)	حارة الهواء
(٦)	الغاز

وبعد ذلك تضاف اليها كميات قليلة من الجير من وقت لآخر . وعند انتهاء العملية يضاف إلى المعدن المنصهر كمية من المانجنيز الحديدى أو الاسبيجل كما في الطريقة الحامضية تماما .

الخبث الناتج من الطريقة القاعدية — يحتوى هذا الخبث على نسبة كبيرة من الحامض الفوسفورى والجير تجعله صالحا جدا كسباخ لبعض الأراضى وعلى ذلك يصحن على شكل مسحوق يباع فى السوق سمادا .

المقارنة بين الصلب الحامضى والصلب القاعدى — يختلف الصلب الحامضى عن القاعدى فى التقط المينة بالجدول الآتى :

صلب قاعدى	صلب حامضى
<ul style="list-style-type: none"> بطانة المرقد من مادة قلووية . الزهر الخام المستعمل به نسبة متوسطة من الفسفور . الخردة المستعملة فوسفورية . الحديد الغفل المستعمل يحتوى على فوسفور وقليل من السليكا . يستأصل الفوسفور . الخبث الناتج يصلح سباخا جيدا . 	<ul style="list-style-type: none"> بطانة المرقد من مادة حامضية أخصها الرمل . الزهر الخام المستعمل به قليل من الفوسفور . الخردة المستعملة بها قليل من الفوسفور . الحديد الغفل المستعمل هو الهمايت . لا يستأصل الفوسفور فى هذه الطريقة . الخبث الناتج لا يصلح سباخا .

ومن عيوب الطريقة القاعدية أنه لا يمكن بواسطتها استخراج أنواع جيدة من الصلب الناشف (أى المحتوى على نسبة عالية من الكربون) . والسبب فى ذلك أن بعض الفوسفور يرتد إلى المعدن المنصهر وهو فى الفرن وقت إضافة المانجنيز الحديدى أو الإسبيجل فينقص من جودته . وسبق أن ذكرنا فى أوائل هذا الفصل أن وجود ٠.٣ ٪ فى المائة من الفوسفور فى الصلب يجعله غير صالح لأن تصنع منه الأقلام القاطعة التى تعمل عادة من الصلب الناشف .

ومن عيوبها أيضا أن أنواع الصلب المتوسط المستخرج بواسطتها أقل انسجاما فى حيبياتها من أمثالها المستخرجة بواسطة الطريقة الحامضية ، ولا يمكن رؤية ذلك إلا بالفحص الميكروسكوبى .

وعلى العموم فالصلب المستخرج بالطريقة القاعدية أرخص من الصلب المستخرج بالطريقة الحامضية ، ويستعمل بكثرة في أمريكا وبلجيكا وألمانيا ، لكن المصانع الإنجليزية تعتقد أن الصلب القاعدى وإن كان يصلح لأغراض عدة إلا أنه يقصر عن إدراك شأو الصلب الحامضى فى قوة الاحتمال لاسيما فى طبانات العجلات ، والزوايا ، والمطروقات ، وصلب اليايات ، وحتى فى قضبان السكك الحديدية وعلى ذلك فالصلب الحامضى يفضل الصلب القاعدى فى هذه المصنوعات وأيضا فى مقاومته للتعب ^(١) .

طريقة بسمر — تتأسس نظرية بسمر على أنه اذا مر تيار من الهواء خلال المعدن المنصهر (الزهر) فان أوكسجينه يتحد مع العناصر الداخلة فى تركيب المعدن . وبديهي أن هذا الاتحاد يخضع لشراة تلك العناصر للأوكسجين ، فمثلا يتحد الأوكسجين بالكربون مكونا ثانى أوكسيد الكربون كذلك بالسليكون مكونا سليكا تطفو على وجه المعدن المنصهر خبثا وهكذا ، ويمكن تلخيص الفرق بين طريقتى بسمر والفرن الواطئ المفتوح فيما يلى :

(١) فى طريقة بسمر يحول الزهر الخام المنصهر المحضر إما من الأفران العالية فى المصانع الكبيرة وإما من تماسيح الزهر المنصهرة فى الدسوت فى المصانع الصغيرة فى وناء يعرف باسم محول بسمر ، بينما فى طريقة الفرن المفتوح توضع تماسيح الزهر فى أفران سيمتر لتحويلها .

(١) التعب هو اصطلاح فى علم مقاومة المواد وضع للدلالة على الوهن الذى يصيب أعضاء المنشآت الهندسية من جراء تغير الجهود عليها باستمرار من ضغط وبالكس ويؤدى فى النهاية الى شد أو انكسار هذه الأعضاء .

(ب) العامل المؤكسد في طريقة بسمر هو تيار شديد من الهواء تضغطه طلمبات خاصة خلال المعدن المنصهر، بينما يستعمل الحديد الغفل الغني بالأوكسجين كعامل مؤكسد في الطريقة الثانية .

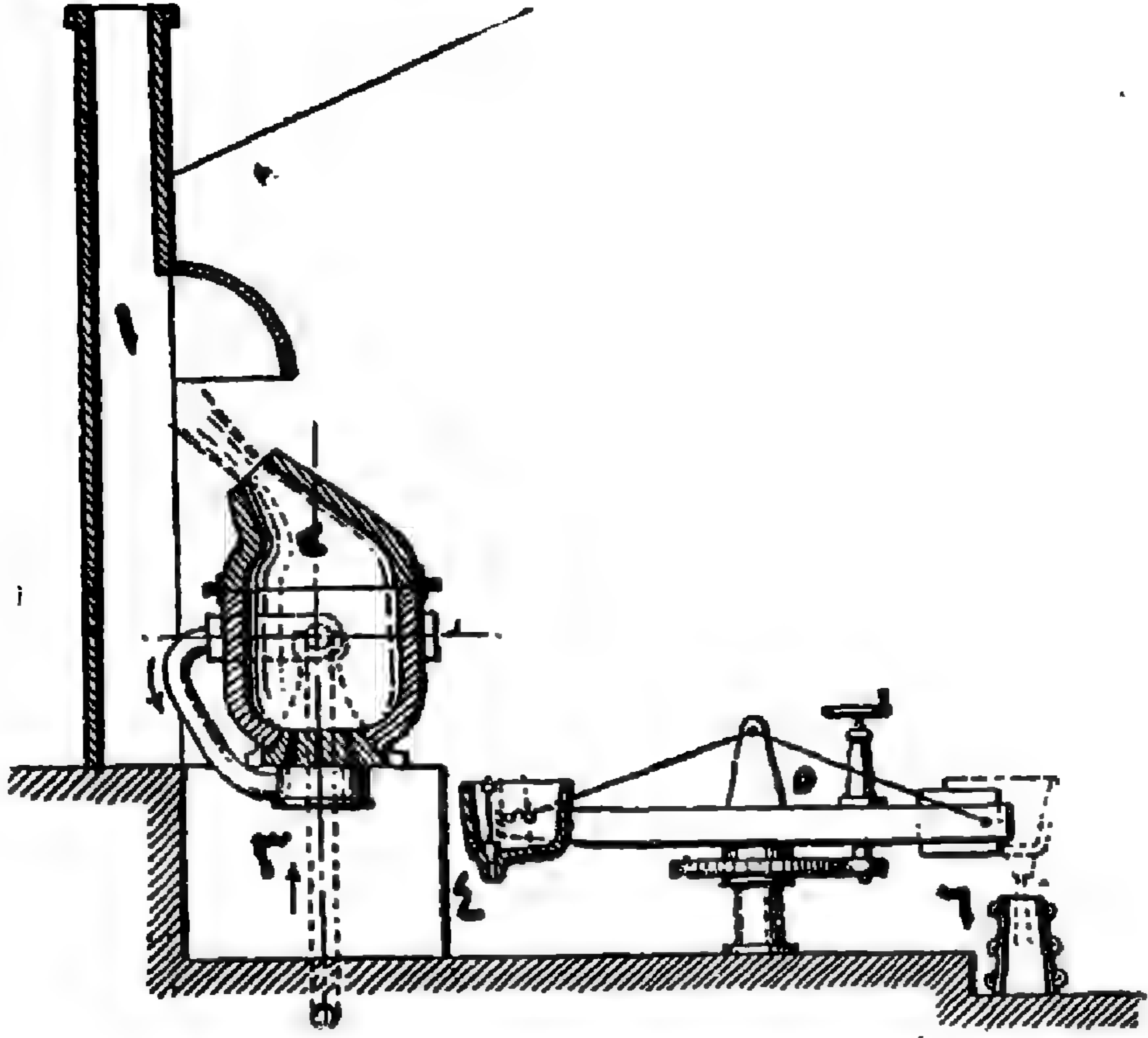
(ج) في طريقة بسمر تكفى الحرارة المتولدة من احتراق المواد القابلة للاحتراق والداخلية في تركيب الزهر الحام كالكربون والفوسفور لبقاء المعدن سائلا أثناء عملية التأكسد فيستغنى عن الوقود ، بينما تستلزم الضرورة استعمال الوقود (غاز المحضرات) في الطريقة الثانية .

محول بسمر — شكل (٣٨) يبين محول بسمر وقت عملية التحويل وفيه (٢) إناء المحول نفسه ، (٤) الملعقة التي ينسكب فيها الصلب السائل بعد نضجه حتى اذا امتلأت أديرت الطبلية الحاملة (٧) لها كي يصب ما فيها من الصلب في أحد القوالب (٦) المعد لذلك في حفرة خاصة .

والمحول مبين في شكل (٣٩) وهو إناء ضخيم يشبه الكثيرى في شكله وقد جعل كذلك لسهولة ملئه وتفريغه ومحاط عند أوسع قطر منه بطوق من الصلب مثبت به محوران يرتكزان على كرسيين أفقيين لحمل المحول ، وقد أحيط أحد هذين الكرسيين بسرة جوفاء متصلة بماسورة للهواء ^(١) تنتهى الى أسفل المحول ومنه الى الودنات ، كما تتصل السرة بماسورة أخرى تحمل الهواء من طلمبته بطريقة تسمح بتغذية المحول بالهواء في أى وضع من أوضاعه .

(١) قد يعمل المحور نفسه مجوفا لحمل الهواء كما في الشكل .

ولسهولة تحريك المحول يثبت على المحور الآخر ترس حلزوني تديره بريمة
لانهائية فيمكن بذلك ادارة المحول الى الوضع المطلوب .

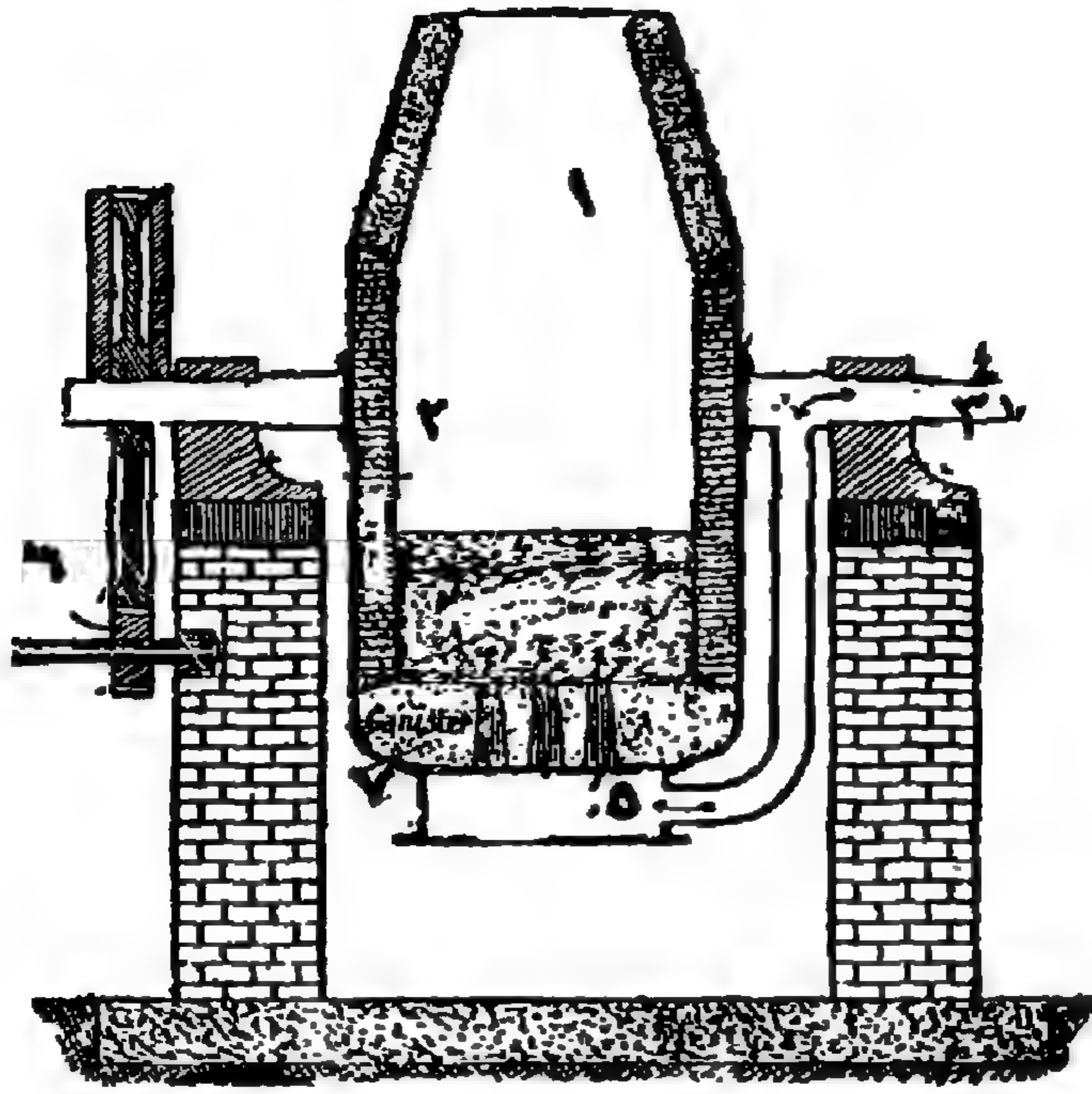


شكل ٣٨ — محول يسمر وملحقاته

(١) المدخنة	(٤) الملعقة
(٢) إناء المحول	(٥) الطبلية
(٣) ماسورة الهواء	(٦) القالب

وينقسم المحول الى ثلاثة أقسام : القاع والبدن والبرقع . ويبطن المحول
من الداخل بعجينة من المواد الحرارية بطريقة تحكم التصاقها بجوانبه ،
وتختلف المواد الداخلة في تركيب البطانة حسب نوع الزهر المستعمل ،
وكذلك الصلب المستخرج منه . فاما إن تكون هذه البطانة حامضية وإما أن
تكون قاعدية . وبعد أن تتم عملية التبطين تجفف البطانة بلهب مناسب

خوفا من تصدعها . وبعض المصانع الأمريكية يستعمل إناءين بالتناوب أحدهما يقوم بعملية التحويل بينما يبتن الثاني ويخفف توطئة للعمل ، وفي ذلك وفر كثير من الوقت إذ تتطلب عملية التحميص نحو ١٢ ساعة .

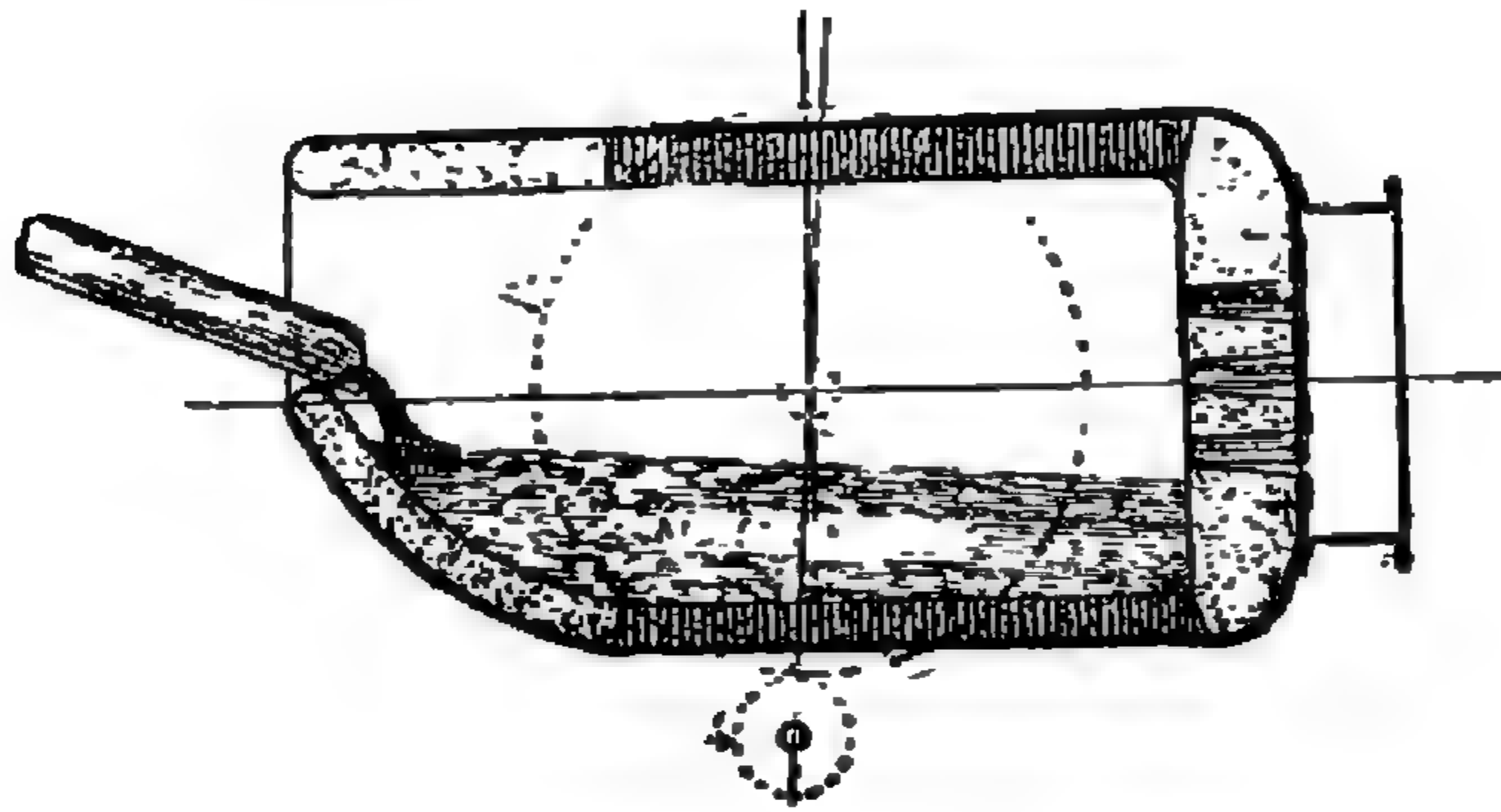


(شكل ٣٩ — محول بسر)

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| (١) إناء المحول | (٥) الودفات |
| (٢) بطاقة البدن | (٦) ترس البريمة |
| (٣ و ٤) الكرسي ومدخل الهواء | (٧) بطاقة القاع |

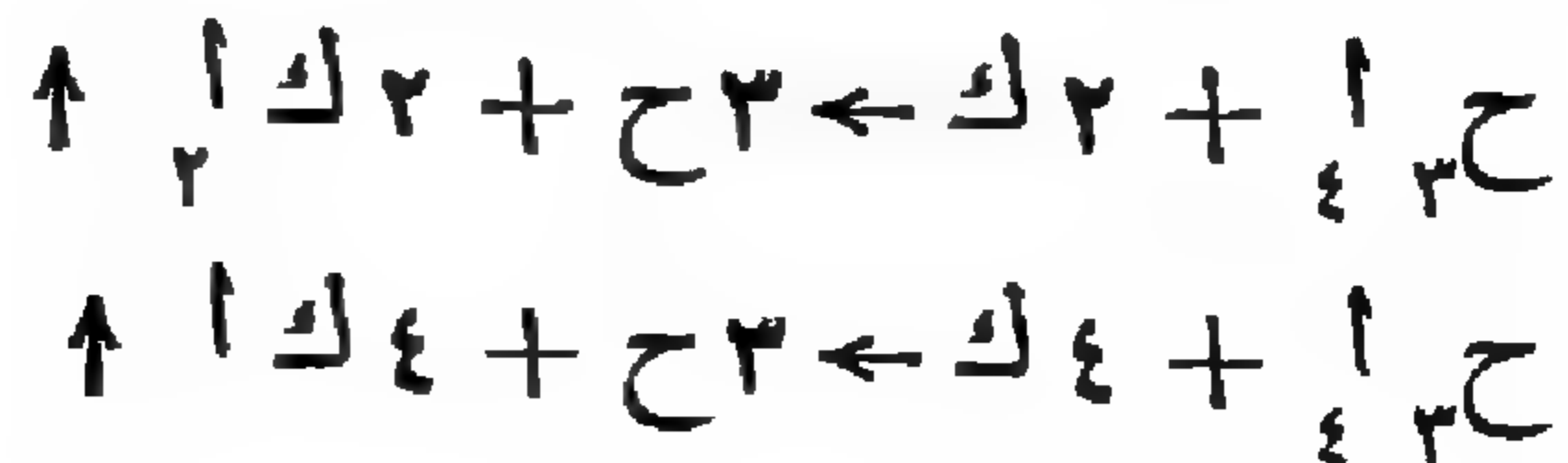
وقبل البدء في تشغيل المحول يسخن من الداخل بإيقاد نار فيه توطئة لوضع الشحنة ، وتنتخب الشحنة عادة من جملة أفران عالية وتوضع في خلاط قصد إيجاد التجانس فيها . والخلاط هو وعاء ضخم مركب على محاور يمكن ادارته حولها لأى وضع . فإذا ما تم خلط شحنة الزهر سكبت في ملاعق كبيرة تحمل بوسائل آلية الى المحول حيث تصب محتوياتها فيه ، ويدار

المحول عند شحنه الى الوضع المبين فى شكل (٤٠) فيسهل صب الزهر الحام المصهور من الملاعق فيه دون أن يصل الى الودنات . وأثناء ذلك يمنع دخول الهواء الى المحول ، فاذا ما شحن المحول فتحت محابس الهواء ويعاد المحول الى وضعه الرأسى شكل (٣٨) . وبما أن تيار الهواء يختلف ضغطه من ٢٠ — ٢٥ رطلا على البوصة المربعة فان هذا الضغط يحول دون تسرب



(شكل ٤٠ — محول بسر عند شحنه)

المعدن الى فتحات الودنات . كما أنه يسبب حركة اضطراب شديدة فى المعدن اثناء مروره فيه . وخلال عملية التحويل يتحد أوكسجين الهواء مع الكربون مكونا ثانى أوكسيد الكربون فترفع درجة الحرارة الناتجة عن احتراق الكربون فتقل كمية الأخير مع استمرار دخول الهواء فيتحد الكربون الباقي مع أوكسجين الهواء أو أوكسجين أوكسيد الحديد المغناطيسى الذى قد يتكون ويتفاعل مع الكربون فيحترق على هيئة أول أوكسيد الكربون كما هو ممثل بالمعادلتين الآتيتين :



ويشتعل أول أوكسيد الكربون عند فوهة المحول مكونا لهبا وضاء حاملا معه ما يتكون من أوكسيد السليكون والمانجنيزالذين يخرجان على شكل

شرر متوهج مصحوب بدوى شديد . ويتغير طول لسان اللهب من وقت لآخر طيلة وجود تيار الهواء ، وكذلك يتغير لونه فيكون في بادئ الأمر بنفسجيا ثم يصير برتقاليا فأبيض ناصعا ثم يستحيل الى أزرق فاتح ، وعندئذ يكاد يختفى لسان اللهب ويتغير صوته ، وهذا دليل على إتمام عملية التأكسد . ويمكن التحقق من ذلك بفحص لون اللهب بجهاز التحليل الطيفي (الاسبكترسكوب) .

فاذا ما تحقق تمام التأكسد يدار المحول الى الوضع الأفقى ، ويمنع عنه تيار الهواء ، وفي تلك الحالة يكون المعدن متحدا مع كمية غير قليلة من الأوكسجين يطفو على وجهه الخبث الناتج من التحويل ، فتضاف اليه كمية ساخنة من الحديد المائجيزى أو الأسبيجل فتصهر وتختزل الأوكسجين من المعدن وتعطيه النسبة المثوية اللازمة من الكربون فيتحول إلى صلب طرى في الحالة الأولى أو إلى صلب متوسط أو ناشف في الثانية . وبعد ذلك يدار المحول قليلا إلى أسفل وتسكب محتوياته في المعلقة التي توجه إلى ما فوق حفرة القوالب حيث تزال السدادة من قاعها فيسيل الصلب منها إلى القوالب .

وتختلف سعة المحول من ١٠٠٠ رطل إلى ٢٠ طنا . والوقت اللازم لتحويل ١٠ أطنان يقرب من ٢٠ دقيقة .

ويجب أن يعتنى بانتخاب نوع الزهر المستعمل ومعرفة تركيبه ، فاذا ما احتوى على كمية من الفوسفور وجب أن تستعمل بطانة قاعدية ، وإن لم يكن كذلك فتستعمل بطانة حامضية . ولأهمية البطانة كما سترى سميت طريقة التحويل بمحول بسمر باسمها .

طريقة بسمر الحامضية — الزهر الحام المستخدم في هذه الطريقة يلزم أن يكون محتويا على نسب قليلة من الفوسفور والكبريت ، ويشبه في تركيبه

الزهر الخام المستعمل في طريقة الفرن الواطيء المفتوح الحامضية ، وذلك نظرا لعدم تأكسد هذين العنصرين أثناء التحويل. وتسمح المصانع الانجليزية بكمية من الفوسفور لا تتعدى ٠,٠٦ في المائة في الزهر الخام المستعمل ، ويبطن داخل المحول بعجينة من المواد الصلصالية الحامضية (الرمل المعروف باسم جانستر) بسماك يبلغ ١٢ بوصة تقريبا عند البدن و ١٨ بوصة عند القاع ، وتحتوى تلك المواد غالبا على كمية من الطين الحرارى كافية لتماسكها. والطريقة المتبعة في تبطين تلك المحولات أن يعجن الجانستر بكمية من الماء كما في صناعة البواق ، ثم يضغط على جوانب وقاع المحول ويصقل سطحه بفرمة من الخشب ، أو يعمل ذلك من الخشب ذو حجم أقل من المحول الداخلى بقدر سمك البطانة ، ويدك الجانستر في الفراغ الكائن بين الدليك وبدن المحول . كذلك تدك البطانة على قاع المحول مع وضع دلائيك من الخشب في مواضع الودنات ، وفي العادة يبطن كل جزء من أجزاء المحول على حدة (القاع — البدن — البرقع) . وتجب العناية بمواضع اتصال أجزاء البطانة خصوصا بين القاع والبدن . وفائدة تلك البطانة أن يتحد السليكون الموجود بالمعدن مع المانجنيز مكونا سليكات المانجنيز حتى يقل تأكل البطانة نفسها الى أقل ما يمكن ولو أن المنتظر أن تمتص البطانة جزءا كبيرا من السليكون الموجود في المعدن المنصهر .

وفي الطريقة الحامضية لا يختزل الكبريت أو الفوسفور بأوكسجين الهواء المختزل لأن شراهة الكبريت للحديد شديدة ، كذلك الحال بالنسبة للفوسفور فبمجرد تأكسد الثانى مع كثرة وجود السليكون في بطانة المحول ملامسا للمعدن المنصهر فانه سرعان ما يتحلل أوكسيد الفوسفور ويتحد مع الحديد مكونا فوسفوريد وأوكسيد الحديد . والواقع أن النسبة المثوية للفوسفور

تزداد نظرا لتأكسد بعض العناصر الأخرى ، وإليك مثلاً بسيطاً عن المفقود من مركبات عينة من الزهر في الطريقة الحامضية توضيحاً لما نقول :

النسبة المئوية المفقودة بالتأكسد الباقية في الصلب	النسبة المئوية الموجودة منه في الزهر	العنصر
٠,١٠	٣,٤٠	الكربون
٠,١٠	٢,٤٠	السيكون
—	٩,٦٠	حديد يتحد مع سيكون البطانة
٠,٥٠	—	الكبريت
٠,٦٠	—	الفوسفور
—	٠,٠١	المانجنيز

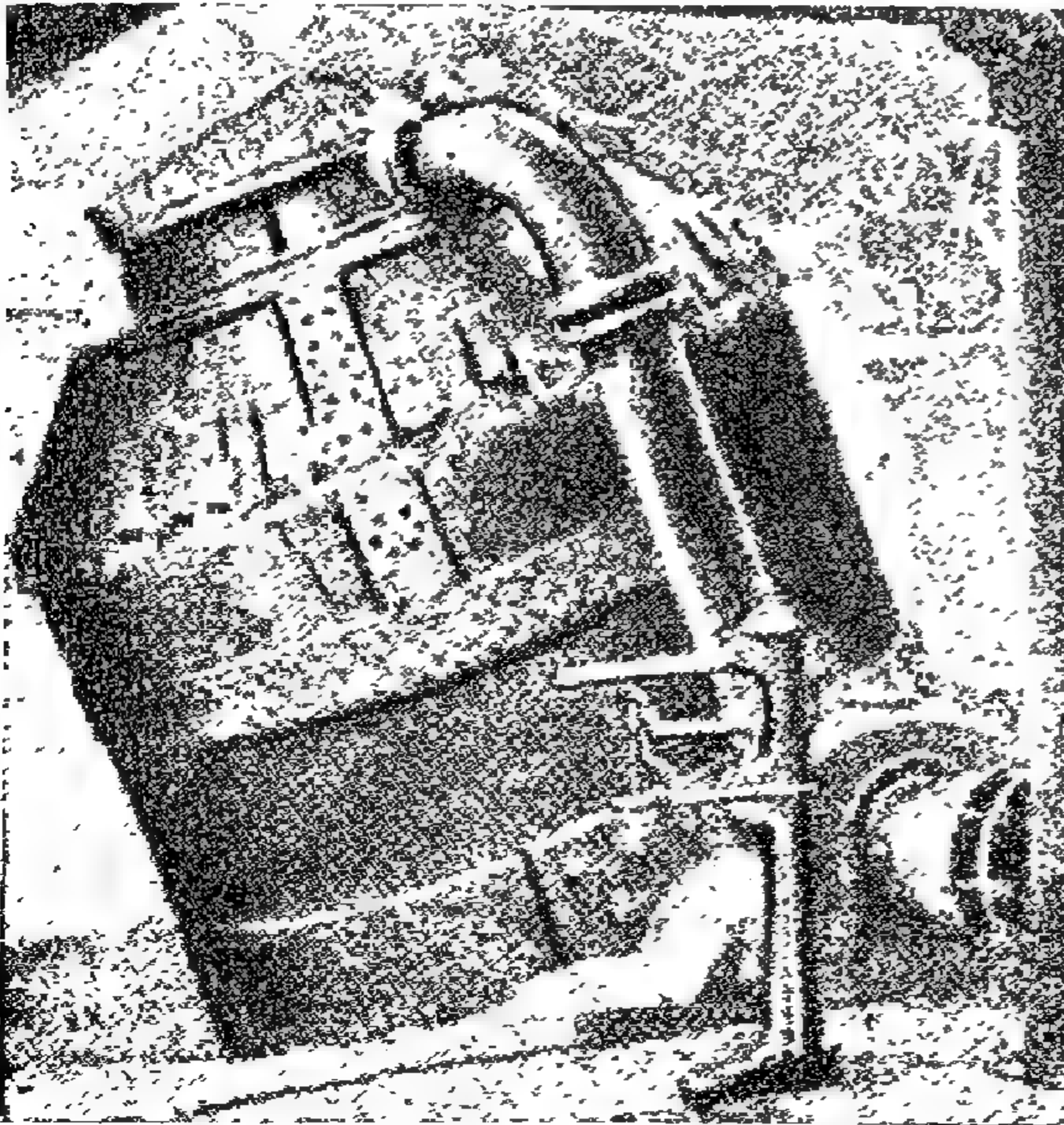
وهذه النسب أخذ وزنها الأصلي قبل التحويل .

والجدول الآتي يبين التغيرات التي تحصل في تركيب المعدن بعد إتمام عملية التحويل :

النسبة المئوية للعناصر الأخرى			المركبات
في الصلب الطرى المستخرج بعد إضافة الحديد المانجنيزى	في الزهر الخام بعد انقطاع تيار الهواء	في الزهر الخام عند وضعه في المحول	
٠,٢٠٠	—	٣,٥٠	كربون
٠,٠٢٠	—	٢,٠٠	سيكون
٠,٠٥٥	٠,٠٥٣	٠,٠٥	فوسفور
٠,٠٥٥	٠,٠٥٣	٠,٠٥	كبريت
٠,٥٥٠	أثر بسيط	٠,٧٥	مانجنيز

ويرى من هذا الجدول ان نسب الفوسفور والكبريت لا تنقص في هذه الطريقة بل بالعكس تزيد قليلا ، ويستخدم الخبث المتخلف منها في رصف الطرق والسكك الحديدية .

طريقة بسمر القاعدية — فهمنا مما سبق في الطريقة الحامضية أن الفوسفور والكبريت لا يمكن التخلص منهما ، لذلك رأى الكثيرون من مستخلصي المعادن إيجاد طريقة تشابه طريقة بسمر في العمل والسرعة على التحويل . وأول من أمكنه الوصول إلى ذلك هما توماس وجلكريست (Thomas and Gilegrist) سنة ١٨٧٧ فاستعملوا في إنجلترا بطانة من مواد قاعدية أهمها الحجر الجيري المانجنيزي (الدولوميت) ^(١) بدلا من المواد الحامضية (الجانستر) . . ولما كان حجر الدولوميت هو كربونات الكالسيوم والمانجنيز فإنه يتحول إلى جير حجري وجير مانجنيزي عند تسخينه لدرجة حرارة الاحمرار ، ولكليهما



(شكل ١٤ — محول بسمر القاعدى)

شراهة شديدة لئلا ، لذلك أوجبت الضرورة استنباط طريقة خاصة لاستعماله بطانة لهذه المحولات . وقد استعمل توماس وجلكريست طريقة لم تزل قائمة للآن وهى : كسر الدولوميت المحروق إلى قطع صغيرة حجمها $\frac{1}{8}$ بوصة ثم مزجه بالقار المغلى الخالى

(١) يوجد هذا الحجر في البلاد المصرية بعيون موسى بجبل المقطم

من الماء^(١) بنسبة تتراوح ما بين ٧-١٢ في المائة من وزن الدولوميت، وفي الأصقاع التي فيها يتعذر الحصول على حجر الدولوميت الطبيعي تستعمل كربونات المانجنيز. وتتبع الطريقة الآتية في عملية تبطين المحول :

يغطي قاع المحول بطبقة من الدولوميت المزوجة بالقار الساخن وتلك بمكاو كبيرة ساخنة ، وقد توضع دلاليك من الخشب أثناء عملية تبطين القاع لترك حيزا لوضع ودنات الهواء المصنوعة من مواد قاعدية، لكن في أغلب الأحوال تعمل ثقوب في نفس بطانة القاع لإدخال الهواء بدلا من الودنات ، ويبلغ قطر هذه الثقوب $\frac{1}{2}$ بوصة تقريبا ، ويختلف عددها من ٥٠ إلى ٨٠ ثقبا، ويتراوح سمك البطانة من ١٥-١٨ بوصة . وتسهيلا في عملية التبطين تلك طبقة بعد الأخرى حتى انه قد يبلغ عدد هذه الطبقات من ٤٠ إلى ٥٠ طبقة . وبعد ذلك ينثر مسحوق مكون من الدولوميت والحديد الغفل على سطح البطانة ثم تجفف في أفران خاصة حتى يكون المسحوق طبقة تسد مسام البطانة لتكون قاطعة للهواء . وكثيرا ما تستعمل مكابس ايدرولكية (مائية) لك بطانة القاع. أما البدن فيبطن بمزيج القار الساخن والدولوميت بنفس الطريقة المستعملة في الطريقة الحامضية .

وكثيرا ما يبنى بدن المحول من الداخل بطوب حراري (مصنوع بطريقة الضغط المائي) وبمونة من نفس المزيج ، ثم يغطي بطبقة من نفس المزيج أيضا . وبمثل هذه الطريقة الأخيرة يبطن البرقع . ويتم تبطين كل جزء على حدة ، وبعد تجفيفها في أفران خاصة تترك أجزاء المحول استعدادا لشحنه .

وقبل البدء في تشغيل المحول يسخن من الداخل بإيقاد نار فيه ، ويوجه إلى وضع مناسب يسهل فيه شحن المحول بمقدار معلوم من الجير الحي ، ليحمى

(١) يغلى القار إلى درجة حرارة عالية تضمن تبخير جميع الماء المزوج به .

البطانة من التآكل بتفاعله مع الكبريت والفوسفور ، وتصل كمية الجيرالحى أحيانا إلى ٢٠ في المائة من وزن شحنة الزهر ولو أن المعدل هو ١٥ في المائة ، فمن ذلك يرى أن حجم المحول القاعدي أكبر من المحول الحامضي بالنسبة لإضافة الجيرالحى إلى شحنة الزهر في الأول . وشكل (٤١) يبين هذا المحول .

وبعد ذلك يكمل شحن المحول بالزهر ويسمح بدخول تيار الهواء فيه أثناء إعادته لوضعه الرأسى فيبدأ فيه التفاعل الكيميائى بحالة تشابه بالتقريب التفاعل السابق الذكر بالطريقة الحامضية ، ويقصر لسان اللهب كلما قلت كمية الكربون والسليكون الباقية في المعدن المنصهر حتى يختفى ، ولا يؤخذ اختفاؤه دليلا على اختزال جميع العناصر الغريبة ، بل يدل ذلك الاختفاء على اختزال الكربون والسليكون فقط ، لذلك يستمر دخول الهواء ، وتؤخذ بين آوتة وأخرى عينة من المعدن المنصهر تبرد فجائيا بعد طرقها ثم يختبر مكسرها للتأكد من خلوه من الفوسفور الذى يسبب كبرا في تبلور حيبيات مكسر الصلب طالما بقى أثر الفوسفور فيه ، ويدل المكسر القطيفى للصلب على خلوه من هذا العنصر . ثم يصب الخبث من المحول بإعتناء تام ، وتضاف كمية أخرى من الجيرالحى على سطح المعدن المنصهر لتجمع ما بقى من الخبث المنصهر ليزال مرة أخرى ، ثم يلقى الأسبيجل في المعدن أثناء سبكه في الملاعق في الوقت الذى تتأكد فيه من خلو المعدن من الخبث وإلتفاعل الأخير مع الأسبيجل وتسبب في إعادته كمية من الفسفور إلى المعدن مرة أخرى .

وتتشابه التفاعلات الكيميائية في كل من الطريقة القاعدية والحامضية
ولو أن هناك فوارق ظاهرة بينهما أهمها :

(أ) يتم تأكسد كل الكربون والسليكون بعد اختفاء اللهب
في الطريقتين لكن يتم تأكسد جل الكربون والسليكون بمجرد
اختفاء اللهب في الحالة القاعدية .

(ب) يختزل معظم المانجنيز في الطريقة الحامضية لوجود السليكون
ويختزل القليل من المانجنيز في الطريقة القاعدية لقلة وجود
السليكون (يختزل المانجنيز على شكل خبث سليكات المانجنيز) .

(ج) يختزل جل الفوسفور في الطريقة القاعدية^(١) بينما لا يختزل إلا القليل
منه في الطريقة الحامضية .

(د) يختزل القليل من الكبريت في كل من الطريقتين .

(هـ) من الطريقة القاعدية يمكن الحصول على صلب جيد النوع من الزهر
الحام المحتوى على نسبة كبيرة من الفوسفور (من ٢,٢٥ — ٣,٥ في المائة)
ونسبة قليلة جدا من السليكون (١ في المائة على الأكثر) .

(و) من الطريقة الحامضية يمكن الحصول على صلب تصل نسبة
السليكون فيه إلى ٢ في المائة .

(١) ولو أن الصلب يمتص أثرا من الفسفور عند إضافة الاسبيجل .

والجدول الآتي يبين بعض التغيرات التي تحصل في تركيب المعدن أثناء عملية التحويل بالطريقة القاعدية . ويستعمل خبث الطريقة القاعدية سمادا لأحتوائه على الفوسفور بعد سحقه الى مسحوق ناعم :

التركيب			المركبات
الصلب الطرى المستخرج بعد إضافة المانجنيز الحديدي	الزهر الخام بعد اقطاع تيار الهواء	الزهر الخام عند دفعه في المحول	
٠.١٨	أثر بسيط	٣.٦٠	كربون
٠.٠٢	لا شيء	١.٠٠	سليكون
٠.٠٥	٠.٠٤	٢.٦٠	فوسفور
٠.٠٥٥	٠.٠٥٥	٠.٠٧	كبريت
٠.٦٠	٠.١٣	١.٢٠	مانجنيز

المقارنة بين طريقة الفرن المفتوح وطريقة بسمر :

تتلخص مزايا وعيوب كل من الطريقتين فيما يأتي :

(١) الطريقة الأولى أبطأ كثيرا من الطريقة الثانية لكنها أضمن وأضبط ويمكن بواسطتها استخراج أغلب أنواع الصلب على اختلاف درجاته بكيفية أكثر انتظاما واستيثاقا من الطريقة الثانية .

(٢) أحسن أنواع الصلب اللازمة للدافع والبنادق والآلات الخ تصنع بالطريقة الأولى . ومع أنه يمكن صنع صلب جيد بالطريقة الثانية الحامضية إلا أن هذه الطريقة ليست سهلة في رقابتها ولا يمكن ضبط جودة الصلب المصنوع بواسطتها بدقة تامة .

(٣) الطريقة الثانية أسرع من الطريقة الأولى وعلى ذلك فهي أقدر على إنتاج كميات كبيرة من الصلب بتكاليف أقل .

(٤) الصلب اللازم للقضبان الحديدية والمراكب والبجاري الخ . يصنع عادة بطريقة بسمر ، انما يلزم في هذه الحالة حسن اختيار نوع الزهر الخام المطلوب تحويله الى صلب .

(٥) الزهر الخام المستعمل في صناعة الصلب يكون واحدا في تركيبه . إن كانت الطريقتان حامضيتين . لكن اذا كانت الطريقتان قاعديتين فإن الخام المستعمل في الطريقة الأولى يكون متوسطا في فوسفوره . والزهر الخام المستعمل في الطريقة الثانية يكون غنيا في هذا العنصر .

(٦) بعض المشغولات الصلبة كغلافات قنابل المدافع يلزم أن تصنع من صلب متجانس في جودته حتى لا تنفجر قبل أوانها ، ولا يمكن ضمان ذلك إلا اذا صنع هذا الصلب بالطريقة الأولى . لكن خلال الحرب العظمى قد أمكن صنع كمية محدودة من هذه الغلافات بطريقة بسمر الحامضية انما لم يتيسر عملها بتاتا بطريقة بسمر القاعدية .

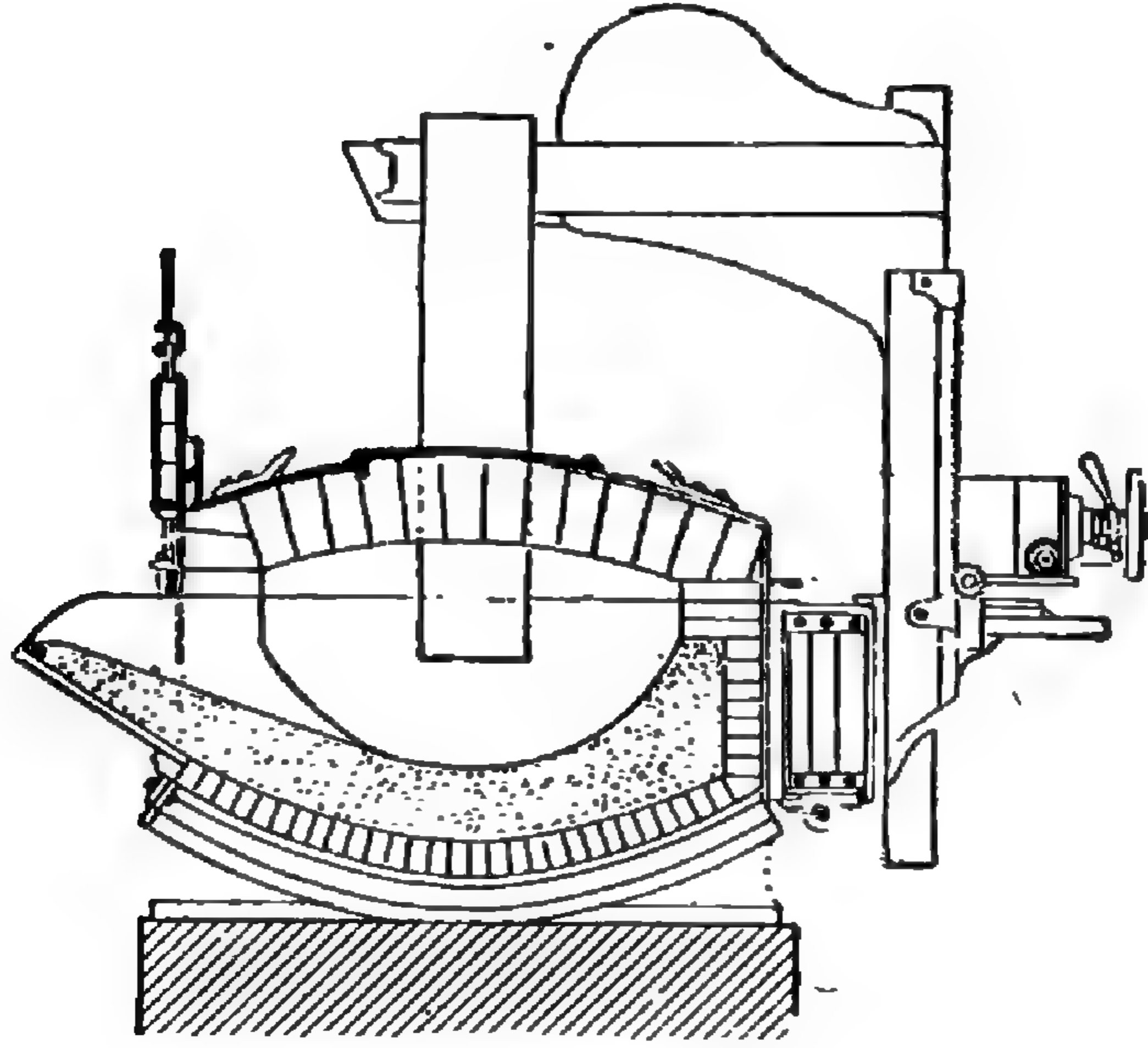
صلب بسمر السويدي — ويصنع في بلاد السويد . وهو أجود كثيرا من صلب بسمر الانجليزى ويقرب في جودته من صلب البنادق المسبوك ، لكنه أقل منه ثمنا ، وعلى ذلك يستعاض به عن صلب البنادق المسبوك في عمل العدد الرخيصة كالعتلات والخوابير ومثاقيب المحاجر والمناجم وكثير من عدد الحداة . لكن قل أن يستعمل هذا الصلب في العدد القاطعة الدقيقة .

استخراج الصلب بالطرائق الكهربائية :

فكر الكثيرون في استخراج الصلب بالطرائق الكهربائية وبذلوا مجهودات غير قليلة في إخراج هذه الفكرة إلى حيز الوجود ، لكن الى عهد قريب لم تعد

هذه المجهودات دور التجربة ، وكانت كلها ترمى إلى صهر الزهر الحردة المخلوط بالحديد الغفل في مرقد فرن من النوع الواطئ المفتوح ، واستخدام الكهرباء كمصدر للحرارة بدلا من غاز المحضرات المستخدم في هذا النوع من الأفران .

ففي طريقة هيرو (Herault) المبنية في شكل (٤٢ و ٤٣) الفرن المستخدم هو فرن صغير من النوع الواطئ المفتوح يمكن تحريكه وإمالته عند اللزوم وينفذ من سقفه قطبان (عمودان) من الكربون ويحيط بكل منهما قيص

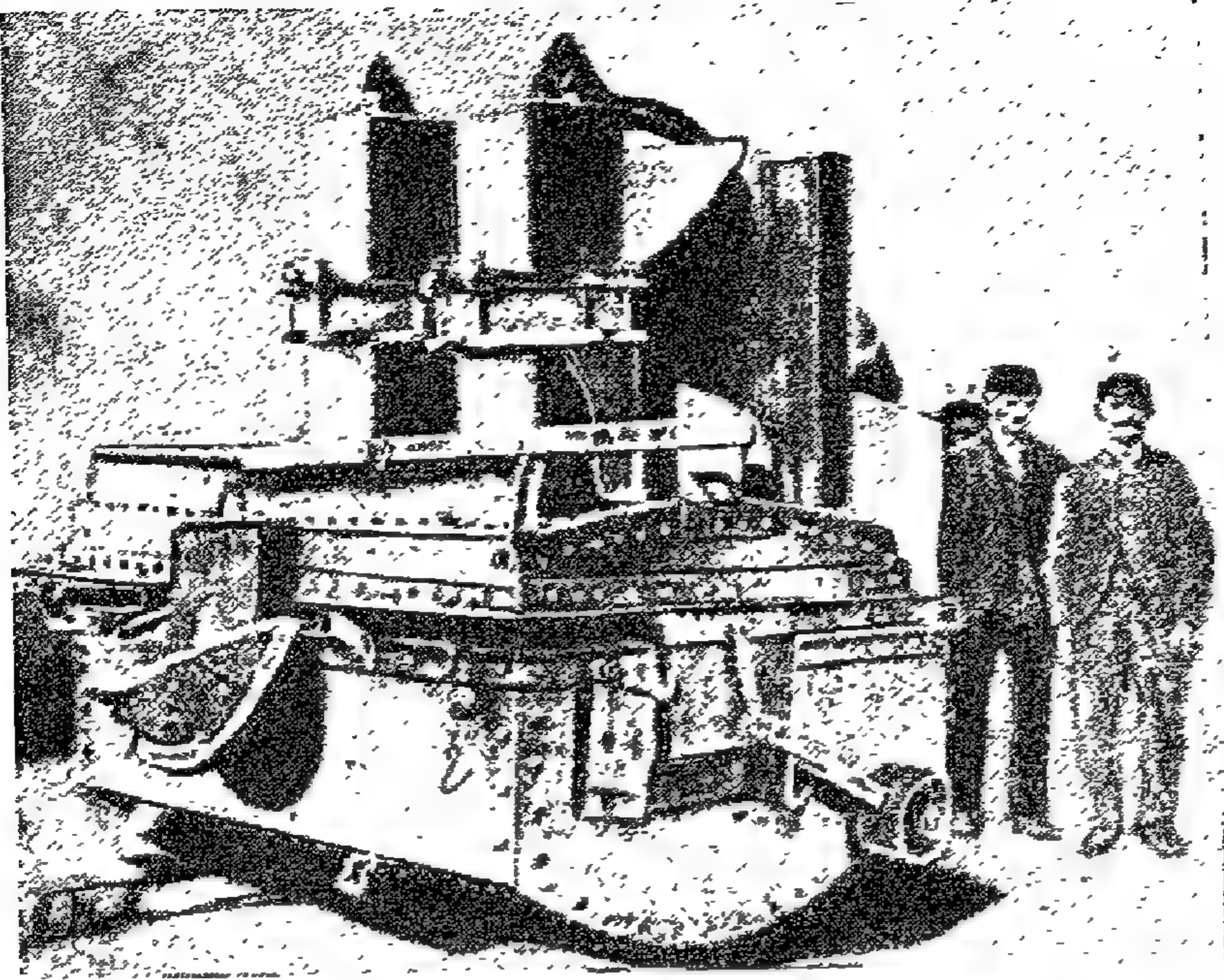


(شكل ٤٢ — فرن هيرو)

مائي ويمكن تحريك كل منهما قريبا أو بعيدا عن سطح المعدن . فعند ما تلامس نهايتا القطبين سطح المعدن يمر التيار الكهربائي من أحدهما للآخر مخترقا المعدن ، ويجرد رفع القطبين قليلا يحدث قوسان كهربائيان يتسبب عنهما صهر المعدن ، وتبلغ سعة الفرن نحو أربعة أطنان .

والتيار المستخدم فيها ٤٠٠٠ أمبير ١١٠ فولت .

والواقع أن هذه الأفران لا تعتبر أفراناً منتجة للصلب بأوسع معاني الكلمة، إذ هي أكثر ملاءمة لصهره وتكريره . وأهم متاعبها سرعة تآكل الأقطاب



(شكل ٤٣ — منظر عمومي لفرن هيرو الكهربائي)

الكربونية فضلاً عن إمتصاص الصلب كمية من كربون الأقطاب ، لذلك فكر كجلن (Kgellin) في عمل فرن كهربائي آخر كالمبين تخطيطياً في شكل (٤٥) .

ويتركب من حوض على شكل حلقة (١) يتوسطه ملف كهربائي (٢) كثير اللفات يلف حول قطعة من الحديد (٣) فعند مرور التيار الكهربائي في الملف (٢) يتولد حوله مجال مغناطيسي يقطع الحوض (١) المملوء بالحديد والصلب الخردة وباقي المواد بنسب معينة وهي اللازمة لإنتاج نوع معين من الصلب فيستتج تيار كهربائي في المعدن عظيم الشدة .

ولما كانت الحرارة المتولدة من التيار الكهربائي تتعلق على مربع شدته فإن الحرارة المتولدة في الشحنة تكفي لصهرها .

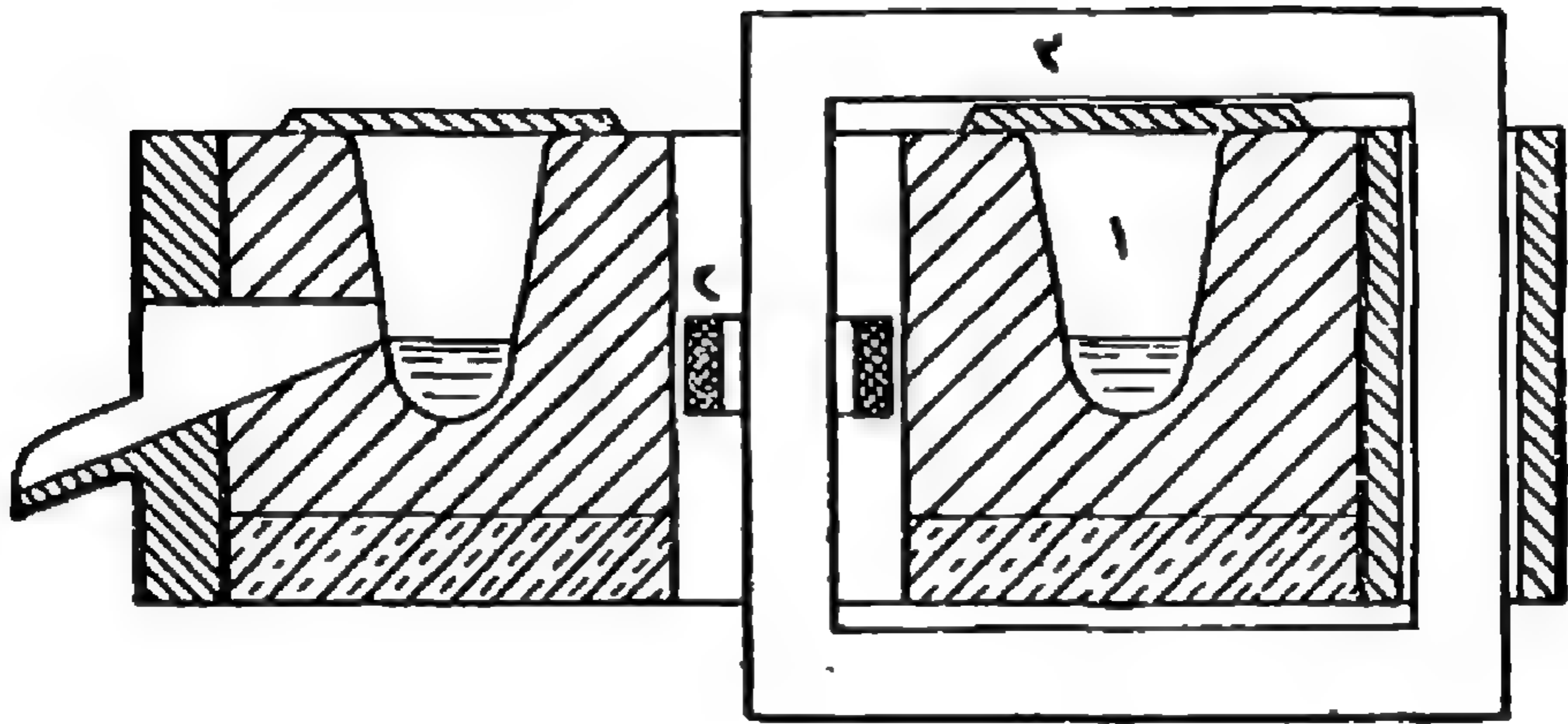
وقد وجد أن تلك الحرارة ليست كافية دواما . لذلك عمل فرن مزدوج وعمل فيه الحوض على شكل B يتوسط كل حلقة منها ملف مغناطيسي .



(شكل ٤٤ — منظر آخر لفرن كهربائي على طريقة فرن هيرو)

ووجد أن الصلب المستخرج بهذا الفرن أكثر تجانساً من الفرن الأول وانتشر استعمال هذا الفرن في السويد وألمانيا وبعض المصانع الانجليزية وأنتج ،

أجود أنواع الصلب . ويرجع السبب في عدم انتشار الأفران الكهربائية الى كثرة مصاريق إنتاجها عدا الممالك التي تستخدم مساقط المياه .



(شكل ٥ هـ — قطاع رأسي لفرن كبلن الكهربائي)

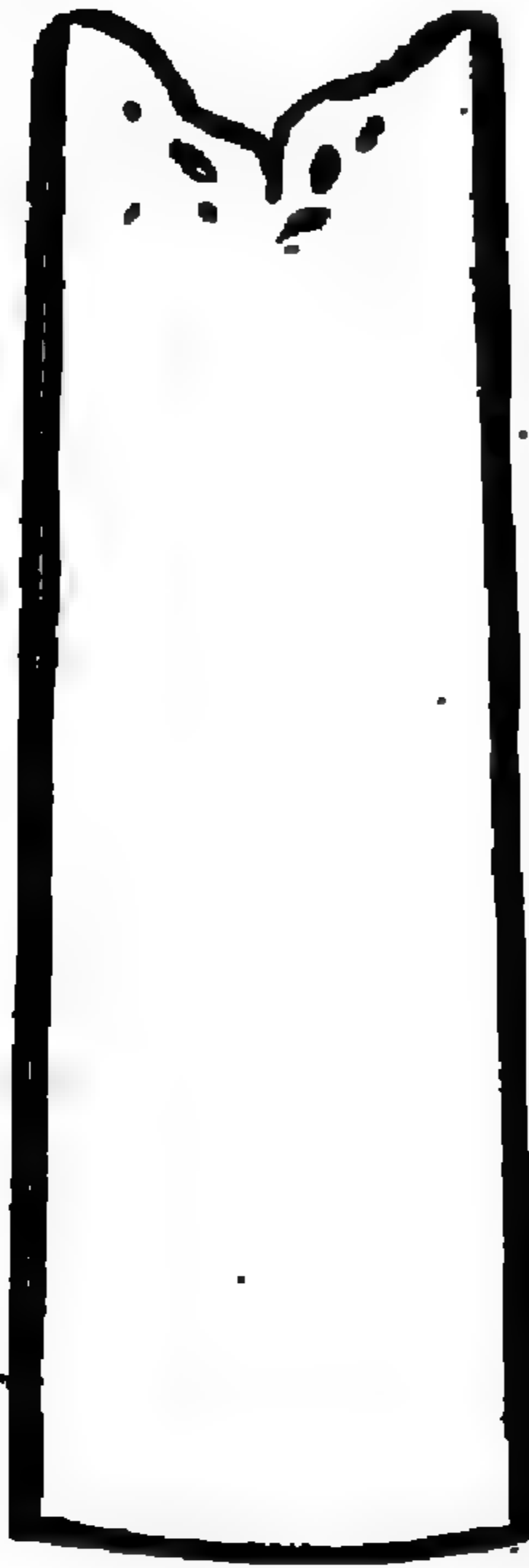
الفصل التاسع

العمليات النهائية للصلب

العمليات النهائية للصلب الكربوني — ويقصد بها العمليات التي تجرى عليه بعد صبه في القوالب لإزالة ما به من العيوب ولإعداده للأشكال النهائية التي يظهر عليها في السوق وملاءمتها للأغراض الصناعية المطلوب لها فالصلب المصهور — لاسيما الأنواع الطرية منه — يكون في الغالب محتويا على كميات كبيرة من الغازات مذابة فيه . وهذه الغازات تحدث في الصلب المصهور نوعا من الاضطراب والجيشان ، وتسبب خروج شرر شديد منه وقت صبه . ويمكن تلطيف هذا الجيشان بإضافة قطع صغيرة من الألومنيوم إليه وهو في القوالب . وهذا العلاج وإن كان يحدث هدوءا في المعدن إلا أنه لا يُخرج الغازات منه . فاذا ترك الصلب المصهور في قوالبه حتى يجمد ببطء فإن جزءا من الغازات يهرب منه أثناء تجمده والجزء الباقي ينحبس في جوفه . وبما أن تجمد الصلب يكون نتيجة لتسرب الحرارة منه ، وهذه الحرارة تتسرب عادة من القشرة الخارجية قبل القلب ، فطبيعي إذن أن تبرد القشرة المذكورة وتجمد بينما يكون القلب سائلا . فاذا ما أخذ القلب بعد ذلك في التجمد ثم الإنكماش فإن سطحه العلوى يهبط عن مستواه الأفقى ليملا الفراغ الذي تكون من هروب بعض الغازات والفراغ الذي ترتب على الإنكماش . وعلى ذلك تأخذ القمة العليا للمعدن بعد تجمده شكلا مقعرا . وهذا عيب كبير في الصلب وزيادة على ذلك فإن هذا التجمد التدريجي يجعل قلب المعدن مفككا وأقل تماسكا واندماجا من قشرته الخارجية ومن

الطبقات التي تليها ويظهر أثر ذلك واضحا في مكسر الصلب حيث تكون حبيبات قلبية أخشن من غيرها .

أما الغازات التي تتحبس في جوف المعدن فانها تتجمع بالقرب من قمته العليا تحت ضغط شديد فتحدث فيه فجوات عديدة (بخبخة) وكلا العيين مبين بوضوح في شكل (٤٦) .



فمن هذا يرى أن ترك الصلب المنصهر يبرد ثم يتجمد في القوالب بهذه الكيفية يجعل الكتل الناتجة منه غير سليمة في قمتها العليا ، فلا تصلح للأغراض الصناعية إلا إذا قطعت هذه القمم ، وعادة يعاد صهر الأجزاء المصهبة مرة أخرى . لكن هذا العمل يعد إسرافا كبيرا في الأعمال الصناعية التي يجب أن يراعى في إنتاجها أوفر الوسائل الاقتصادية . وفعلا قد عولجت هذه العيوب فأمكن التغلب عليها بثلاث علاجات وهي :

شكل (٤٦) — كتلة الصلب

(الجاريط) وتظهر بقمتها العيوب

(١) العلاج الكيميائي .

(٢) كبس الصلب المنصهر بواسطة المكابس الأيدروليكية .

(٣) طرق كتل الصلب تحت المطارق الآلية أو كبسها بواسطة المكابس .

العلاج الكيميائي — أشرنا فيما سبق أنه وجد بالتجارب أن ترك الصلب منصهرا في البواق داخل الأفران مدة ٢٠ دقيقة تقريبا في نار هادئة يساعد على صب مسبوكات خالية من البخبخة وتسمى تلك العملية عملية قتل

المعدن ، وتوضيحا لذلك . أنه عند ما يتم صهر الصلب يميل الى التخلص من كربونه فيضطرب سطح المعدن بحاله تشبه الغليان ، وإذا استمرت درجة الحرارة مرتفعة فإن الصلب يتخلص من كربونه . لكن ترك المعدن منصهرا في نار هادئة يساعده على تعويض ما فقده من الكربون .

والواقع أنه أثناء عملية الصهر يمتص الصلب كمية من الإيدروجين وأول أكسيد الكربون من الوقود ، كما يمتص نتروجين هواء احتراق الوقود ، وهذه الغازات تساعده على الجي شان . فقتل المعدن يعطى الصلب فرصة للتخلص من هذه الغازات وتعويض الكربون . وتميل الغازات إلى الخروج من المعدن عند صبه في القوالب فتحدث بنبخة في المسبوكات . فعولجت هذه الحالة بإضافة كمية الألومنيوم تلقى على سطح المعدن الجاش فيهدأ بسرعة ويتم عملية الصب بسهولة ، ويفعل السليكون والمانجنيز فعل الألومنيوم في تهدئة سطح المعدن إلا أنهما يضافان على هيئة مركبات الحديد المانجنيزي أو الحديد السليكوني . وقد اختلفت الآراء في تعليل تلك الظاهرة لكن أرجحها يعلل أن إضافة هذه العناصر خصوصا الألومنيوم تسهل قابلية ذوبان الغازات في الصلب سواء أكان منصهرا أم أثناء تجده وبذلك تسهل عملية صبه .

ولقد أمكن بإضافة الألومنيوم صب الصلب الطرى وتكفى بضع أوقيات (٠.١ في المائة) للمعقة من المعدن المنصهر .

ويستعمل العلاج الكيميائي في صنع مسبوكات من الصلب تشابه مسبوكات الزهر ، تجمع بين المتانة وخفة الوزن كبعض أجزاء السيارات ... الخ وهذه المصنوعات تفضل مسبوكات صلب بسمر أو الفرن الواطئ المفتوح .

ونجاح عملية الصب يتوقف أيضا على تجفيف الرمل والروازق (١) ، كما يلزم أن يكون رمل الروازق قويا بقدر الامكان حتى يسهل خروج بقايا الغازات من المسبوكات والعلاج الكيميائي يقلل من قابلية السحب ، لذلك لا يستخدم في عمل الصلب المعرض للسحب .

كبس الصلب — أما العلاج بكبس الصلب بمكابس إيدروليكية فهو أحسن العلاجات الثلاث وأقدرها على إيجاد التجانس في الصلب واحكام اندماج حبيباته . والصلب المستخرج بهذه الكيفية يسمى أحيانا بصلب ويتورث المكبوس . ويتلخص هذا العلاج في تعريض الصلب بعد صبه في قوالب خاصة وعند بدء تجمد سطحه لضغط عال جدا فتتلاصق ذراته تحت تأثير هذا الضغط الكبير وتندمج بعضها ببعض وتصبح حبيبات مكسرة أدق حجما وأكثر اندماجا فتعصر منه أغلب الغازات المذابة فيه كما تنعصر المياه من قطع الاسفنج . أما الغازات القليلة التي تبقى بعد ذلك فإنها تنضغط في فجوات دقيقة موزعة في كتلة المعدن جميعها فينعدم أثرها تقريبا ، وتسرى هذه العملية على صب الجاويطات فقط .

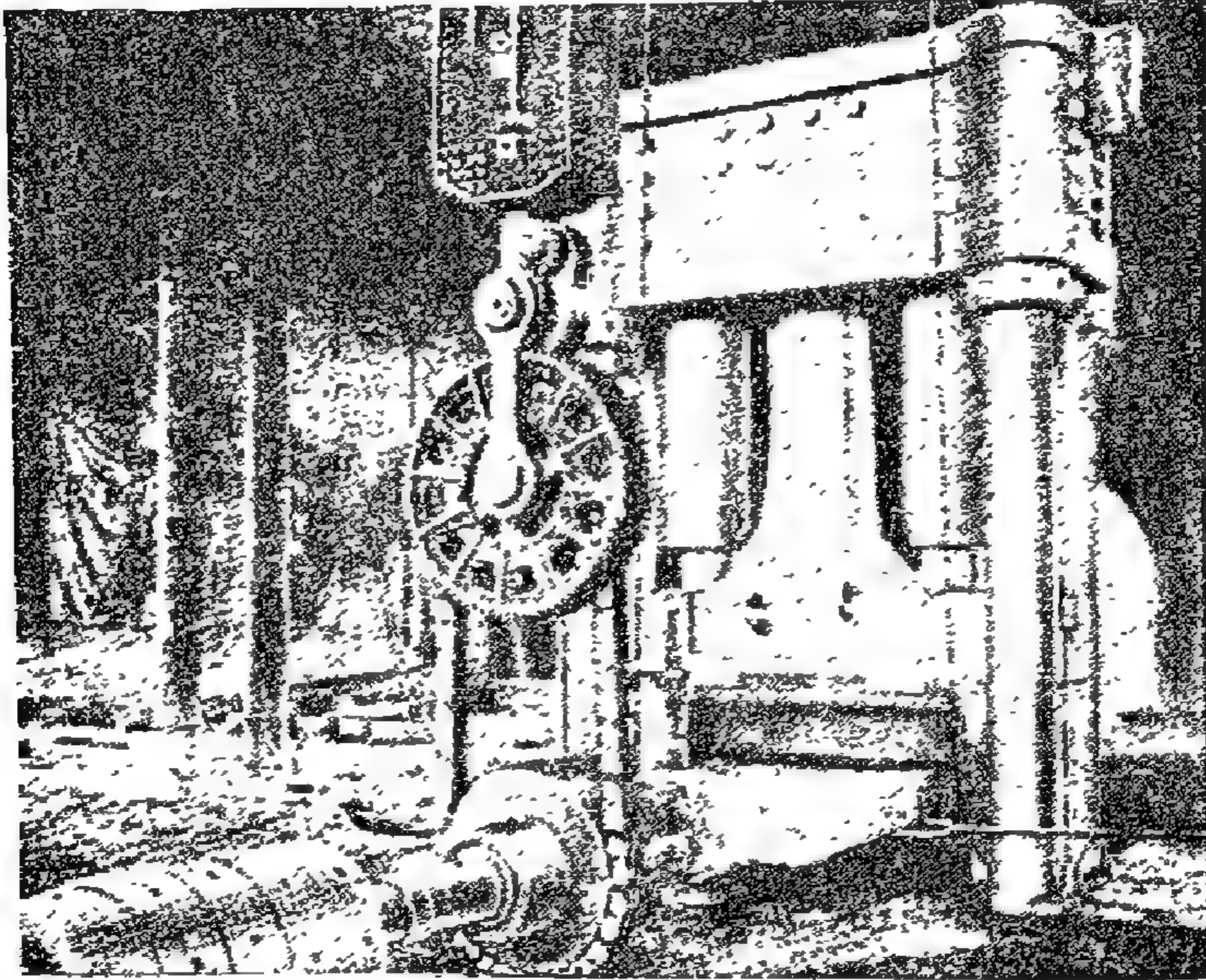
وبما أن هذا العلاج يستدعى استخدام ضغوط عالية لا تقل عن ١٥ — ٢٠ طنا على البوصة المربعة فإن قوالب صب الصلب العادية لا تتحمل هذه الضغوط فيستعمل بدلا منها قوالب خاصة مبنية بطريقة متينة ، وبها فتحات تسمح بخروج الغازات أثناء عملية الكبس فتخرج هذه الغازات بصوت شديد أشبه بالدوى .

وجاويطات الصلب الناتجة من هذه العملية تكون أقصر بنحو عشرة في المائة عن الجاويطات الناتجة من التبريد التدريجي في القوالب العادية .

(١) يستعمل في مصر رمل ناعم نقي ممزوجا بالزيت الحار (النء) ويجفف الريزق تماما الى أن يتطاير كل الزيت .

وهذه الكتل تكون سليمة في جميع نواحيها فلا يستدعى الحال قطع أى جزء منها كما أنها تكون متفوقة في جميع تجارب مقاومة المواد . لكن نظرا لارتفاع تكاليف هذه الطريقة فهي لا تستعمل إلا في الأنواع الممتازة من الصلب كما في البنادق والمدافع ورفاصات البواخر وكرنكات المحركات وأعمدة إدارتها الخ .

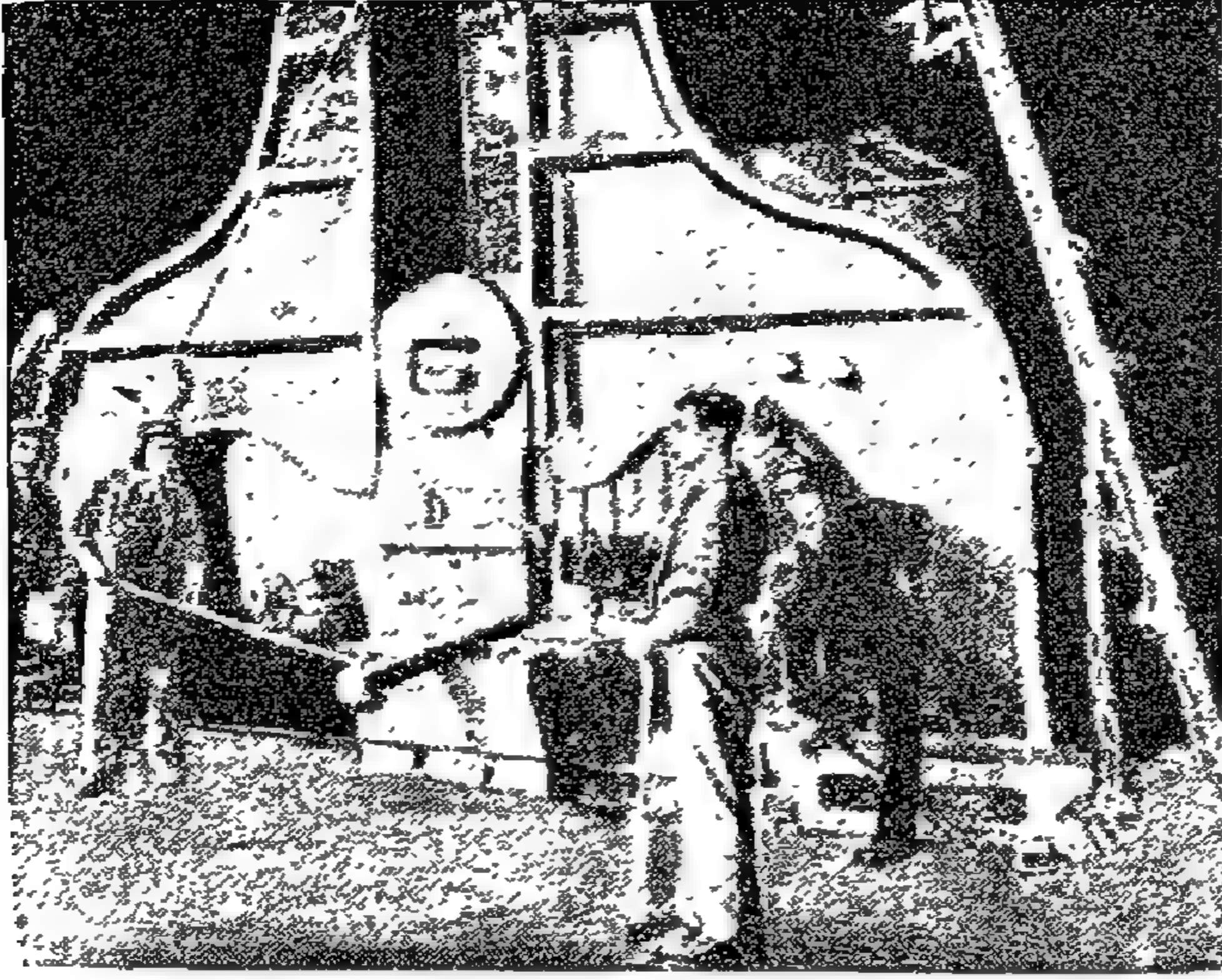
طرق وكبس الصلب — أما العلاج الثالث الخاص بطرق الكتل أو كبسها على آلات كالمبينة بشكل (٤٧ و ٤٨) فالقصد منه احكام اندماج



(شكل ٤٧ — مكبس مائى لعصر الصلب)

بلورات الصلب (أى حيياته) بعضها في بعض لاسيما في قلب الكتلة . ولا علاقة له البتة بطرد الغازات منها . وعملية الطرق لا تقوم بهذا الأمر على الوجه الأتم حيث إن الطرق يؤدي بواسطة ضربات متقطعة توجه بواسطة المطارق إلى قشرة الصلب لا إلى قلبه فيكون تأثيرها على القشرة أكثر منه على القلب . أما الكبس فهو ضغط مستمر على كتلة المعدن لمدة معينة

يسرى مفعوله من القشرة إلى القلب ويكون أثره أوقع في احكام اندماج الحبيبات .



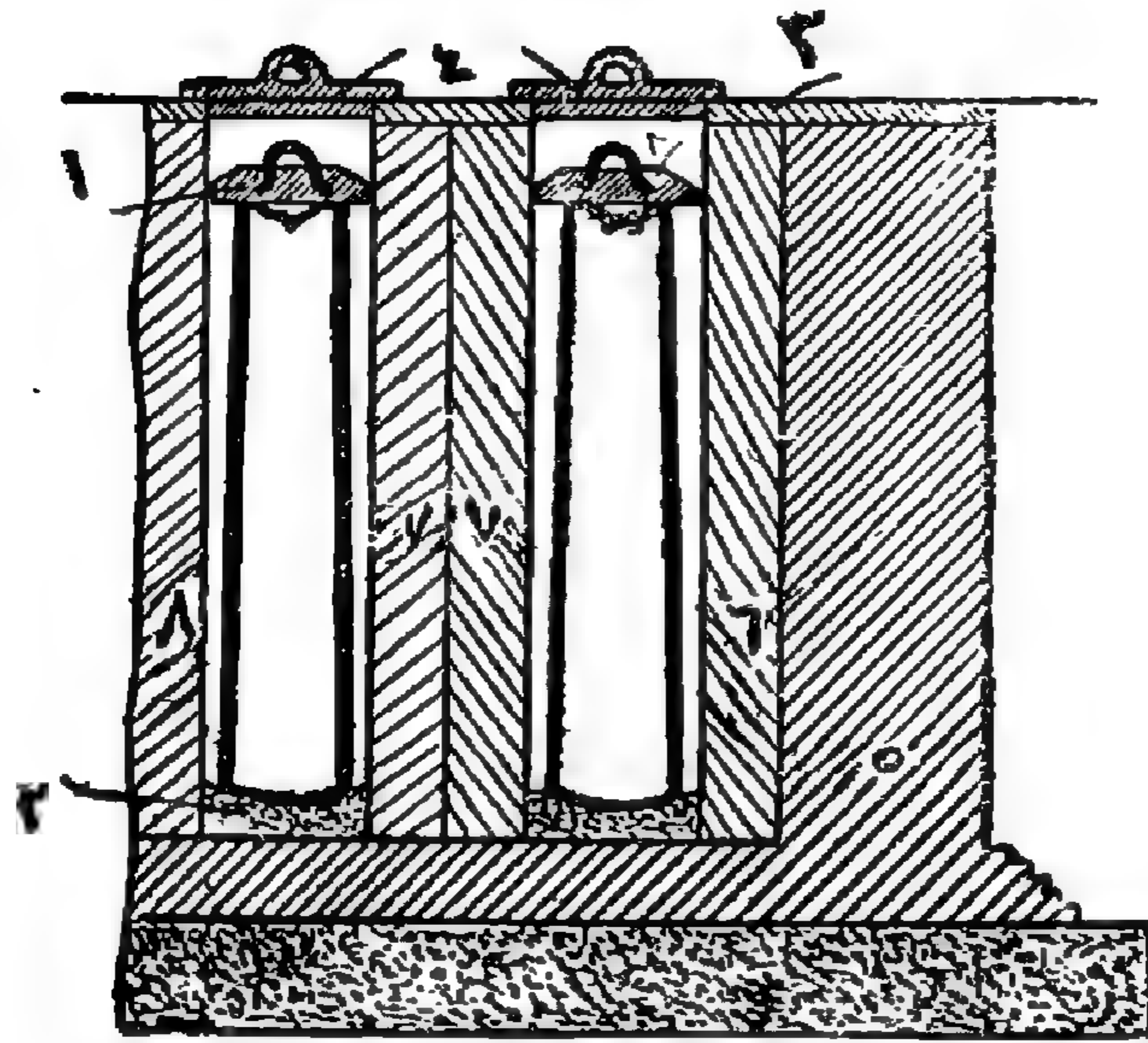
(شكل ٤٨ — مطارق كتل الصلب)

وهذا العلاج لا يمكن اجرائه على الكتل مباشرة بعد اخراجها من قوالبها لأستحالة طرقها عندئذ لأن قشرتها الخارجية تكون متجمدة بينما قلبها يكون سائلا . فان طرقت — وهى على هذه الحال — تتفتت قشرتها ويندفع منها السائل بقوة. أما إذا تركت حتى يجمد القلب فان القشرة الخارجية تكون قد بردت جدا فلا يمكن طرق الكتلة إلا اذا أعيد تسخينها . وهذا هو المتبع فعلا . وإعادة التسخين تم بطريقة من ثلاث :

الطريقة الأولى — توضع الكتل في أفران خاصة تسمى أفران إعادة التسخين وقودها الفحم أو غاز المحضرات .

وعيوب هذه الطريقة كثرة تكاليفها وجعلها القشرة أسخن من القلب .

الطريقة الثانية — توضع الكتل وهى ساخنة فى فجوات فى الأرض تعرف باسم حفر التغطيس مرتبة على شكل مجموعات . وكل حفرة أوسع وأعمق قليلا من الكتلة وشكل (٤٩) يبين رسما كرويا لحفرتين من هذا القبيل .



(شكل ٤٩ — حفر التسخين)

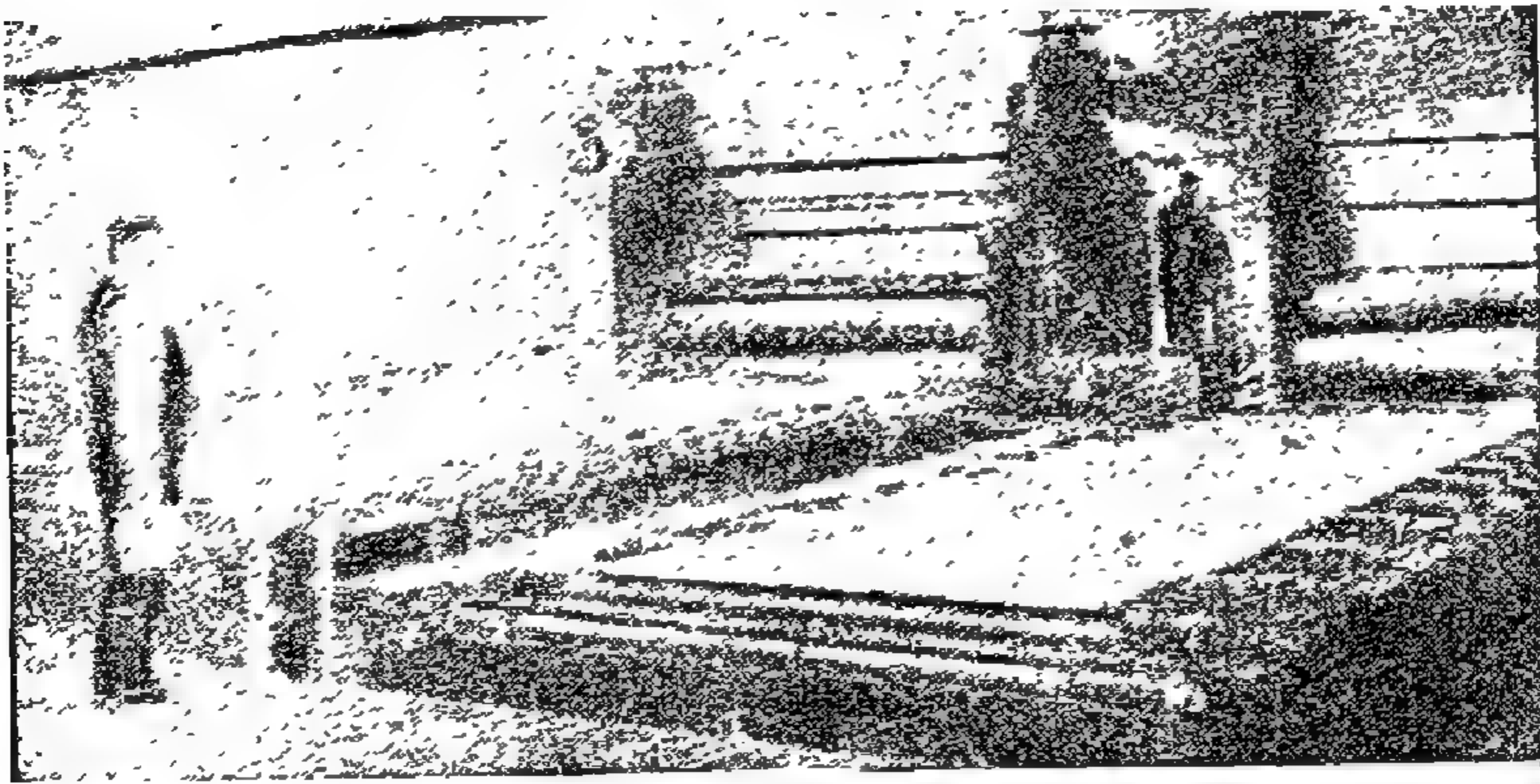
(١)	غطاء صلبالى
(٢)	فرش من الطوب المكسر والرمل
(٣)	لوح من الزهر
(٤)	غطاءان من الزهر
(٥)	جدار الحفرة
(٦)	طين حرارى
(٧)	جدار من الطين الحرارى

والكتل التى توضع فى الدفعات الأولى تعطى حرارتها الى جدران الحفر المبنية بالطين الحرارى . وعليه يلزم أن يعاد تسخين هذه الكتل بعد إخراجها فى أفران حتى يمكن طرقها . أما الكتل التى توضع بعد ذلك فان قشرتها تبقى ساخنة بفعل الحرارة التى تنعكس عليها من جدران الحفر الساخنة والحرارة التى تسرى اليها من القلب . وهذه الطريقة فيها وفر كبير حيث لا يستعمل

فيها وقود بالكلية كما أنها تساعد على تبريد القلب ببطء وانتظام . فإذا ماتجمد القلب تكون الكتلة ساخنة لدرجة حرارة بيضاء وعلى أتم استعداد لعملية الطرق .

الطريقة الثالثة — توضع الكتل في أفران تسمى أفران التغطيس وتبنى في حفر تحت سطح الأرض وتشتغل على طريقة الترجيع الحرارى ولا يستعمل فيها إلا قليل من الوقود .

العملية الختامية للصلب — بعد أن ينتهى علاج الصلب مما به من العيوب بالطريقة السابقة الذكر يؤخذ ان كان طريا أو متوسطا إلى آلات جليخ ذات درافيل ثقيلة كما في شكل (٥٠) حيث يحول إلى كتل ذات قطاع منتظم أو إلى ألواح سميكة جدا ، ثم تقطع هذه إلى أجزاء . فما كان منها المطلوب اعداده



(شكل ٥٠ — آلة جليخ للألواح الصلبة)

لعمليات الحدادة وجعله قابلا للطرق واللحام ينقل مباشرة إلى آلات جليخ ذات درافيل صغيرة مماثلة تماما للآلات الخاصة بأعداد الحديد الخام — السابق شرحها — حيث يمروره بينها تتكون فيه ألياف بسيطة تجعله صالحا لهذه العمليات ، ثم يخرج منها على شكل أسياخ أو خوص أو كمرات أو غير ذلك من الأشكال المعروفة في السوق .

وما كان منها مطلوباً لصنع مشغولات مسبوكة فإنه يباع إلى ورش السباكة دون أن يمر بآلات الجلخ ذات الدرافيل الصغيرة. وفي هذه الورش يعاد صهره في بواق أو أفران ثم صبه على نسق الأشكال المطلوبة بنفس الطرائق المستعملة في سباكة الزهر كما سبق .

أما إذا كان الصلب ناشفا يستعمل في أفلام المخارط والمقاشط وغيرها من الأدوات المقاطعة فإنه لا يمر بآلات الجلخ بل يكتفى بطرقه على المطارق الآلية لاعطائه الشكل المطلوب .

الفصل العاشر

موارد الحديد الخام والصلب المستعملين في البلاد المصرية
الأشكال الشائعة الاستعمال في السوق المصرية

موارد الحديد الخام والصلب المستعملين في البلاد المصرية — لقد رجعنا إلى الإحصاءات الجمركية عن أنواع الحديد الخام والصلب المستوردة إلى البلاد المصرية في السنوات الأخيرة فظهر لنا أن أكبر كمية من هذين الصنفين ترد من بلجيكا ، ثم تليها فرنسا فالمانيا فانجلترا ويغلب على ظننا أن السبب في رجحان كفة الممالك الثلاث الأولى على انجلترا في هذا الأمر يرجع إلى كون أغلب الصلب الوارد من هذه الممالك هو من النوع الرخيص الثمن المستخرج بطريقة بسمر القاعدية . والمطلوب بكثرة للأشغال العادية . وبالمثل عن الحديد الخام فإن الصنف الكثير الشبوع منه بهذه البلاد هو الحديد التجارى العادى . وذلك لأن هذين الصنفين هما المستخدمان بكثرة في الأغراض المعمارية من عمل أسقف وشبابيك ودرازينات وأسوار ومباني مسلحة وما شاكل ذلك . وهى الأغراض التى يكاد يكون استعمال الصلب الطرى والحديد الخام مقصورا عليها في البلاد المصرية ، أما البلاد البريطانية فانها تصنع أجود أنواع الصلب والحديد الخام وهذه لا تطلب إلا للأغراض الميكانيكية المهمة أو المنشآت الهندسية الكبرى من كبارى وخلافه والتي لا يعمل منها في البلاد المصرية إلا بقدر معلوم .

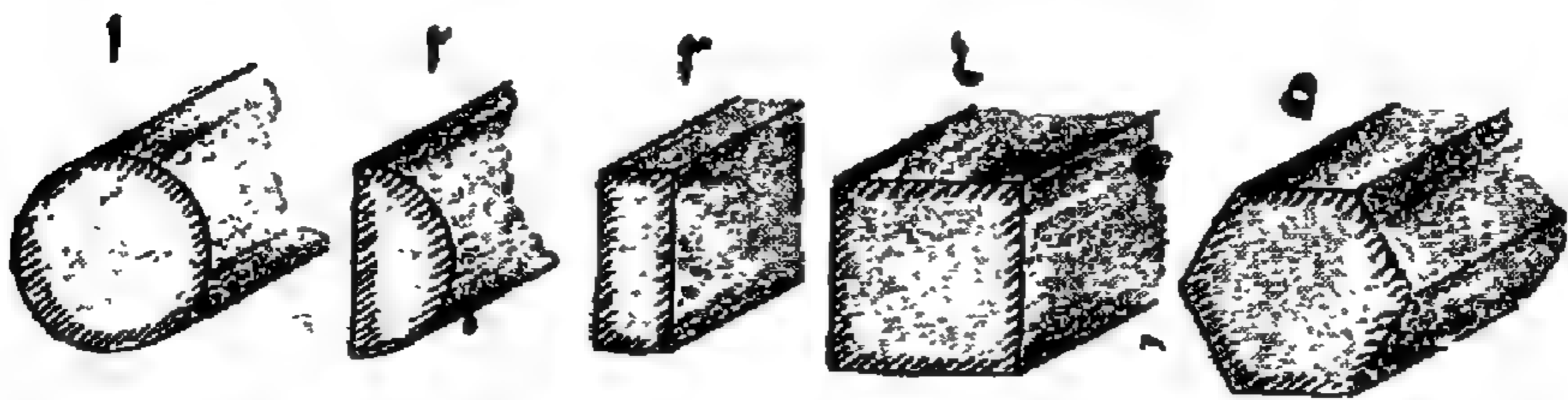
أشكال وأسماء الحديد الخام والصلب الكثيرة الشبوع في السوق المصرى —
يوجد الحديد الخام والصلب في السوق المصرى على شكل سيقان مصمتة

وكرات ومواسير وألواح وأسلاك . وهذه خلاف المشغولات الجاهزة التي
ترد من هذين الصنفين .

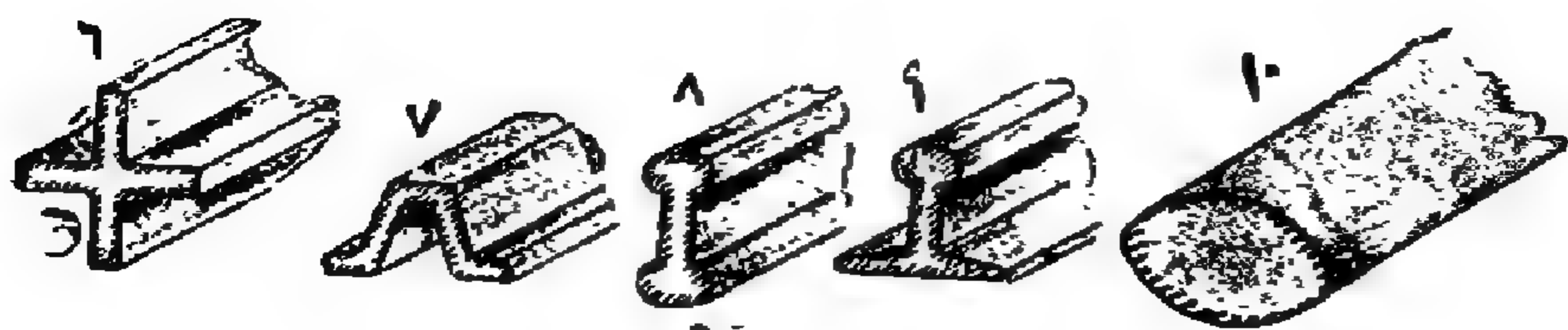
فالساق المصمتة ان كان قطاعها العرضي دائريا (مبروما) أو نصف دائري
(نصف مبروم) أو مربعا أو مثلثا أو نصف بيضاوي (ظهر الحية) يطلق
عليها لفظ سيخ فيقال سيخ مبروم أو مربع أو ظهر الحية الخ . وتقاس أطوالها
عادة بالقدم ^(١) ويبلغ الطول المألوف للسيخ نحو ٢٠ قدما . ويقاس سمكها
غالبا بالبوصة وأجزائها، وأحيانا بالسنتيمتر والأسماك الموجودة بكثرة في السوق
تختلف من ١/٤ بوصة الى ٤ بوصات . أما ما زاد عن ذلك فنادر الوجود
ويلزم استحضاره بطلب خاص .

أما اذا كانت الساق المصمتة مستطيلة القطاع فتسمى خوصة وتقاس
تماما كالسيخ .

وشكلا (٥١ و ٥٢) يبينان رسما كرويا لقطاعات هذه السيقان .



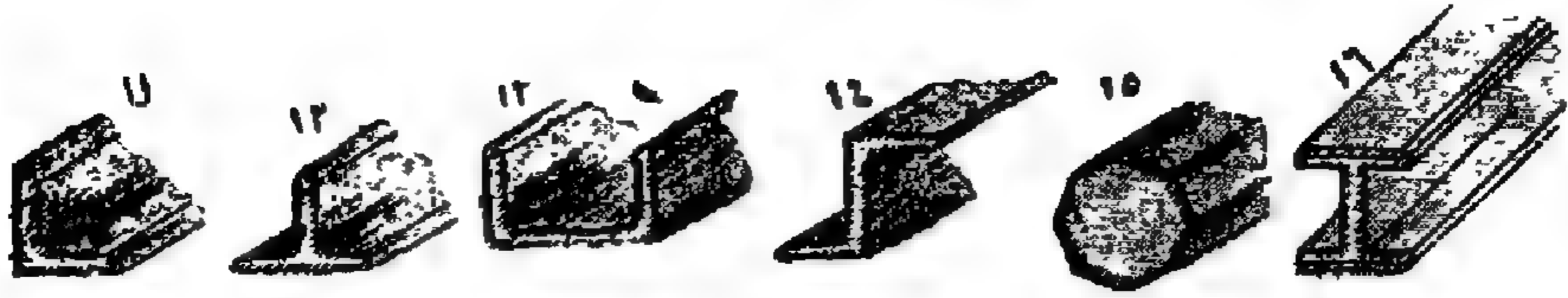
(شكل ٥١ — قطاعات عرضية للسيخ)



(شكل ٥٢)

(١) تطلب أحيانا بالتر .

الكمرات — تكون إما على شكل T أو H أو Z أو على شكل صليب أو مجرى أو زاوية أو على شكل قضيب سكة حديد. وشكلا (٥٢ و ٥٣) يبينان القطاعات المختلفة لهذه الكمرات. وهي تقاس بالتر في أطوالها وبالسنتيمتر في باقي الأبعاد.



(شكل ٥٣ — قطاعات عرضية للكمات)

المواسير — توجد على ثلاث طرازات وهي :

مواسير سوداء ومواسير مجلفنة ومواسير بنجار .

فالسوداء والمجلفنة تصنع عادة من ألواح . وتلف على آلات الجلفخ حتى يأخذ قطاعها شكلا دائريا أجوفا ثم يلحم موضع الاتصال ، وهي تستخدم في نقل السوائل الواقعة تحت ضغوط ضعيفة . وتختلف السوداء عن المجلفنة في كون الأولى خالية من الطلاء بينما الثانية مطلية بالزنك .



(شكل ٥٤)

أما مواسير البخار فيصنوعة من قطعة واحدة مسحوقة بطريقة خاصة وعلى ذلك تكون خالية من اللحام ، وتستخدم في نقل البخار والغازات المضغوطة وجميع السوائل الواقعة تحت ضغوط شديدة . وجميع هذه المواسير توصل

بعضها مع بعض بواسطة جلب وكيغان وغيرها من وسائل الرباط. وشكل (٥٤) يبين بعض أنواع الكيغان وشكل (٥٥) بعض أنواع الجلب .



(شكل : ٥)

الألواح الصاج — وتصنع من الحديد الخام والصلب الطرى فان كانت غير مطلية بطلاء معدنى فانها تعرف باسم الصاج الأسود. أما ان كانت مطلية بطلاء معدنى كالزنك أو القصدير فانها تعرف باسم صاج مجلفن أو صفيح على التوالى .

ألواح الصاج الأسود — ويختلف سمكها من نصف المليمتر الى ٢٥ مليمترًا ويختلف عرضها من ٣ أقدام الى ٨ أقدام وطولها من ٣,٥ الى ١٠ أقدام والأنواع الخفيفة منها يقاس سمكها بمقياس خاص يعرف باسم مقياس برمنجهام ويرمز له فى الانجليزية بحرفى B. G. وهذا المقياس مقسم إلى نمر بدلا من مليمترات أو بوصات ، فيقال مثلا نمر ١٥ للصاج الذى سمكه $\frac{1}{16}$ من البوصة أى ١,٥٨٧ مليمتر وهلم جرا .

أما الأنواع السمكة فتقاس بالمليمتر أو البوصة على حد سواء ويمكن الحصول بسهولة فى السوق المصرى على ألواح سمكها لغاية $\frac{3}{8}$ بوصة (أى سنتيمتر واحد تقريبا) . أما ما زاد عن ذلك فيحصل عليه بتوصية خاصة .

ألواح الصاج المجلفن — وهى ألواح رقيقة من الصاج عليها طلاء من الزنك يحميها من التأكسد بفعل الرطوبة الموجودة فى الجو ويقاس سمكها دائما بمقياس برمنجهام . وهى على نوعين :

نوع عادى سطحه مستو ويستعمل بدلا من ألواح الزنك فى أغلب الأغراض المنزلية كعمل المزاريب والكيّزان والجرادل وكساء الشلاجات من الداخل وكساء قرص الطرايزات الخ .

ونوع موج (أى مضلع) وسطحه على شكل أمواج صغيرة تساعد على تحمل الضغوط . ولذلك يستعمل فى تغطية سقوف الورش والمعامل وبناء جدرانها .

والطلاء بالزنك أحسن كثيرا من الطلاء بالقصدير وأقوى منه على حماية الصاج من تأثير الجو . وذلك لأن الزنك لا يتأثر إلا قليلا من الهواء إن كان جافا . أما إذا كان الهواء رطبا فإن طبقة بسيطة من السطح الخارجى للزنك تتحول إلى أوكسيد الزنك وهذا الأخير لا يذوب فى الماء فيقف حائلا بين الهواء الرطب وبقية الجسم فيحميه من التأكسد . ويستفاد من هذه الخاصية فى طلاء ألواح الصاج والأسلاك والأدوات الحديدية بطبقة من الزنك بعملية تسمى "الجلفنة" .

وعملية الجلفنة تتلخص فى غمر الأجسام الحديدية فى حامض الكلوردرىك المخفف (ماء النار) لى تزل منه القشرة ثم تدعك جيدا أن استدعى الحال ذلك وتغسل ، وبعد غسلها تغمر فى حوض محتو على زنك مصهور تعلوه طبقة من النشادر تساعد على السيحان . ويضاف أحيانا جزء من القصدير والرصاص إلى الحوض لتحسين مظهر الأدوات المجلفنة .

وتستعمل الآن طرائق حديثة للجلفنة على البارد بالكهرباء وقد نجحت هذه الطرق نجاحا باهرا .

ألواح الصفيح — وهى ألواح رقيقة من الصاج عليها طلاء من القصدير يمنع تأكسدها ويصنع منها الكثير من الأدوات المنزلية وغيرها .

والقصدير معدن يمتاز بسهولة التصاقه بالحديد والصلب وكلما كان الحديد أو الصلب أنقى كان التصاق القصدير بسطحيهما أمتن . لذلك يراعى دائما في عمل ألواح الصفائح أن يكون الحديد أو الصلب المصنوعة منه نقيا ولينا حتى يسهل ثنيها واعطاؤها الشكل المطلوب . وإذا طليت ألواح الصاج بالقصدير فإنه يسهل لحامها بالقصدير أيضا .

والألواح الصاج المطلوب تحويلها إلى صفائح تكون في الأصل على شكل خاص طول الواحدة منها ١٥ بوصة وعرضها ٦ بوصات وسمكها $\frac{3}{8}$ بوصة فتوضع هذه الخوص في آلات جلخ خاصة فتتحول إلى ألواح مربعة ثم تسخن وتوضع تحت آلات جلخ أخرى فتتحول إلى ألواح أطول من الأولى أربع مرات ثم يطبق كل لوح على نفسه ويسخن ويوضع تحت آلات جلخ ثالثة وهكذا تكرر عمليات التطبيق والتسخين والإمرار بآلات الجلخ مرات عديدة حتى يبلغ عدد الطبقات أحيانا ٣٢ طبقة ثم تفصل الطبقات بعضها عن بعض وتقطع الألواح إلى المقاسات المناسبة . ويرش بين كل طبقتين جزء من تراب الفحم حتى لا تلتصق إحداهما بالأخرى أثناء عمليتي التسخين والإمرار بآلات الجلخ . والخوص التي يصنع منها الصفائح كانت تعمل فيما مضى من نوع مخصوص من الحديد يصهر ويكرر بواسطة الفحم النباتي ، لكن أُستعِض عنه في الوقت الحاضر بخوص من صلب الفرن الواطئ المفتوح .

إعداد الألواح للطلاء بالقصدير — تعد الألواح للطلاء بأجراء العمليات الآتية عليها :

(١) تغمر الألواح في حامض الكبريتيك المخفف على درجة ١٠٠ فهرنهايت لمدة عشرين دقيقة ثم تدعك بالزول حتى تزول القشرة منها وتلمع .

(٢) توضع الألواح في صناديق من الحديد ثم تنمر على درجة حرارة حمراء قائمة لمدة تختلف من ١٠ ساعات الى ١٢ ساعة بشرط ألا يلامسها الهواء .

(٣) توضع الألواح في آلات جلع شديدة البرودة لكي تصير أكثر انتظاما ، وأنعم سطحها .

(٤) تنمر الألواح لمدة أقل من السابقة وعلى درجة حرارة أقل ، كي تزول النشوفة الناتجة من امرارها بآلات الجلع .

(٥) تغمر الألواح مرة أخرى في حامض أضعف من السابق ثم تدعك وتغسل حتى تتخلص من قشرة الأوكسيد الرقيقة التي تكون قد تكونت عليها أثناء عمليات التخمر .

وبعد اجراء هذه العمليات الخمس على الألواح تغمر في الماء أو الماء الجيرى وتترك مغمورة حتى تستخرج للطلاء .

طلاء الألواح بالقصدير — ترفع الألواح من الماء أو الماء الجيرى وتوضع في حمام ساخن جدا مشتمل على الشحم الذائب أو الزيت ، وتترك في هذا الحمام حتى تسخن بانتظام وينطرد منها الماء ، وتكسى بطبقة من الشحم ثم ترفع منه ، وتوضع في حمام آخر ساخن مشتمل على قصدير مصهور تعلوه طبقة من الشحم أو كلوريد الزنك فتكتسى الألواح بغلاف من القصدير . ثم ترفع من هذا الحمام وتوضع في حمام ثالث اسمه حمام الغسيل ، وهو ينقسم الى قسمين ، ويشتمل على قصدير درجة حرارته أقل من درجة حرارة الحمام السابق ، فتوضع الألواح أولا في القسم الأول فتنتظم طبقة القصدير المتصقة بها ، ثم يرفع كل لوح على حدته وينظف بفورشة من القماش ، ثم يغمر في القسم الثاني المشتمل على قصدير نقي فتزول منه علامات الفورشة .

وبعد ذلك تمر الألواح بين درافيل آلة جالغ تكون مغمورة في الشحم فينتظم سطحها وتزول منها قطع القصدير التي تكون زائدة عن اللزوم .

وتختتم العملية بإزالة الشحم من الألواح وذلك بدعكها بنوع من الردة ثم دلكها بقطعة من الجلد الكروش أو الصوف .

الأسلاك — وتصنع من الحديد الخام أو من الصلب بأنواعه الثلاثة الطرى والمتوسط والناشف تبعا للأغراض التي تستخدم فيها. وتصنع هذه الأسلاك بطريقة السحب في آلات خاصة تشبه في نظريتها الطريقة المألوفة لدى الصياغ في مصر في سحب الأسلاك الذهبية .

وعملية السحب تجعل القشرة الخارجية للصاب ناشفة فان كان السلك المطلوب طريا وجب تخميره لإرجاع ليونته الأصلية إليه .

الفصل الحادى عشر

العمليات الحرارية للصلب

تأثير الحرارة على الصلب الكربونى — إتهينا من شرح العمليات النهائية التى يمر بها الصلب لاعداده للأشكال التى يظهر عليها فى السوق . وبيننا فى الفصل العاشر هذه الأشكال بالتفصيل . ويمكننا الآن من قبيل التمييز أن نطلق على الصلب وهو فى هذه الأشكال لفظ ” صلب خام “ نظرا لكونه لم يدخل بعد فى صناعة المشغولات المطلوب عملها منه .

فاذا ما أريد عمل مشغولات من الصلب الخام وجب أولا تسخينه بتعريضه لحرارة شديدة فى أكوار الحدادين أو فى أفران خاصة^(١) ثم طرقة بعد ذلك بالمطارق اليدوية أو الآلية أوعدا الحدادة لاعطائه الشكل المطلوب وأنه يهمننا أن نعرف الأثر الذى تحدثه عمليتا التسخين والطرق فى خصائص الصلب .

فالصلب أيا كان نوعه اذا فخص مكسره بواسطة مجهر (ميكروسكوب) وجد هذا المكسر متألفا من بلورات صغيرة (حببيات) تختلف فى حجمها ودرجة اندماجها تبعا لنوع الصلب . فتكون فى بعض الأنواع كبيرة الحجم خشنة المظهر وتكون فى أنواع أخرى أصغر وأدق منها فى الأولى ، وتكون فى أنواع ثالثة دقيقة جدا ومندمجة لدرجة أن مكسرها يأخذ مظهرا حريرا

(١) عند تسخين الصلب الناشف لعمليات الطرق أو التفسية أو التخمير يلزم أن يكون التسخين

بيطه فى مبدأ الأمر وبعد ذلك يزداد بسرعة الى درجة الحرارة الملائمة للعملية

شبهها بمكسر الصيني وهلم جرا . وهذه الحبيبات تتأثر من التسخين والطرق
فيتغير حجمها وتكوينها ودرجة اندماجها من جراء ذلك . فالطرق على العموم
يقلل من حجم حبيبات الصلب ويجعل اندماجها أدق ، لكنه ان أجرى
على درجة حرارة أزيد من اللازم فان حجم الحبيبات يكبر ومنظرها ينحشن
وقوة الصلب تضعف وقابليته للتمدد تقل .

أما تسخين الصلب لدرجة حرارة أعلى فله تأثير غريب على خصائصه
لا سيما في الأنواع التي تحتوى على ٠,٢٥ في المائة من الكربون فأكثر .
فلقد وجد أن هذه الأنواع اذا سخنت لدرجة الاحمرار ثم بردت فجأة تصبح
أنشف كثيرا مما كانت عليه من قبل ، أما اذا بردت ببطء بعد التسخين فانها
تصير أطرى (أكثر ليونة) مما كانت عليه أولا .

ويمكن أيضا معرفة مدى تأثير الحرارة على الصلب من المثل الآتى :

خذ ساقا من الصلب الذى تعمل منه العدد القاطعة طوله قدم واحد
وقطره ١/٢ بوصة وقسمه الى ١٢ قسما ، كل منها طوله بوصة واحدة ، وأعمل
عند التقاسيم حزوزا بواسطة أجنة . سخن أحد طرفى الساق بحيث ترتفع
حرارة هذا الطرف الى درجة عالية تقل تدريجيا على طول الساق حتى تصل
الى الاحمرار البسيط عند طرفه الثانى ، وعندئذ أغمر الساق فى الماء البارد
ثم اكسره الى قطع عند الحزوز ، وقارن بين مظهر المكاسر . فالقطعة التى
سخنت الى درجة عالية تكون هشّة جدا وحبيبات مكسرها خشنة ، وهذه
الخشونة تقل تدريجيا فى مكاسر القطع التى تليها حتى ينقلب المكسر الى
حريرى ناعم شبه بمكسر الصينى . أما القطعتان أو الثلاث المحمرة احمرارا
بسيطا فان حبيبات مكسرها تكون أخشن قليلا . وأقوى هذه القطع هى
التي تكون حبيباتها أدق وتركيبا وأنعم منظرا .

فمن هذا ومما قبله يرى مبلغ تأثير الحرارة في تغيير خصائص الأنواع المتوسطة والناشفة من الصلب . وقد علل بعض الباحثين هذا التغير بأن الكربون الداخل في تركيب الصلب يوجد على حالة من اثنتين وهما : الحالة الأسمنتية Cement state والحالة الناشفة Hardening state وأن الكربون ينتقل من الحالة الأولى الى الثانية اذا رفعت درجة حرارة الصلب والعكس بالعكس . فاذا أخذت قطعة من الصلب المتوسط أو الناشف ورفعت درجة حرارتها فانها تمر أثناء تسخينها بدرجة يبطؤ عندها معدل التسخين وينتقل الكربون فيها من الحالة الاسمنتية الى الحالة الناشفة . ولنرمز لهذه الدرجة بالحرف (ب) كذلك اذا بردت هذه القطعة من درجة أعلى من (ب) فانها تمر أثناء تبريدها بدرجة يبطؤ عندها معدل البرودة وينتقل فيها الكربون من الحالة الناشفة الى الحالة الاسمنتية ولنرمز لهذه الدرجة بالحرف (س) .

وقد ثبت من التجارب العديدة التي قام بها الباحثون أن درجة الحرارة عند (س) أقل من درجة الحرارة عند (ب) كما ثبت أيضا أن الصلب عند مروره بالدرجة (ب) يكون في أحسن حال ملائمة للتقسية حيث تصبح حبيبات مكسرة أدق وأنعم منها عند أية درجة أخرى . فان أجريت التقسية عند هذه الدرجة فانه يكون في أعلى درجات نشوفته ، وأعلى درجات مقاومته للشد . وعلى ذلك اصطلاحوا على تسمية (ب) بدرجة الحرارة الحرجة وعرفوها بأنها درجة الحرارة التي ينتقل فيها كربون الصلب من الحالة الأسمنتية الى الحالة الناشفة . ويكون الصلب عندها في أحسن حالة ملائمة للتقسية . أما اذا سخن الصلب لدرجة حرارة أعلى من (ب) فان حبيباته تفقد نعومتها ودقة اندماجها ، وتصبح خشنة بראה . فان أجريت تقسية الصلب عندئذ بتسخينه الى هذه الدرجة العالية ثم غمره في الماء البارد ليبرد فجأة فانه يصير هشاً .

ولكل نوع من الصلب درجة حرارة حرجة خاصة به يمكن تعيينها بدقة في المعامل الكيميائية مع العناية التامة ، ويمكننا أن نطلق عليها اسم درجة الحرارة الحرجة النظرية . لكن في المصانع أثناء تسخين الصلب في الأفران أو الأكوار تتكون على سطحه قشرة خفيفة من الأوكسيد تعوق فعل الحرارة نوعا ما فلا يحصل التغير في كربونه إلا في درجة حرارة أعلى قليلا من الدرجة النظرية والدرجة الحرجة العملية هي التي تهمننا . والجدول الآتي بعد يبين درجات الحرارة الحرجة العملية لبعض أنواع الصلب الناشف المستعملة في صنع الأدوات القاطعة وما شابهها .

وقد أثبتت التجارب المتكررة أنه اذا زادت حرارة التسخين عن درجة الحرارة الحرجة في الأقلام القاطعة والمناقيب والسنايك والأجنات وغيرها من العدد أثناء عملية التقسية فانها تفقد من ٤ الى ٥ في المء من جودتها لكل ٥٠ مئوية زيادة في التسخين :

اللون المقابل لدرجة الحرارة	درجة الحرارة الحرجة العملية		النسبة المئوية للكربون
	فهرنهايت	مئوية	
أحمر فاتم	١٣٤٦	٧٣٠	١,٥٠٠
»	١٣٤٦	٧٣٠	١,٢٥٠
أحمر متوسط	١٣٨٢	٧٥٠	١,١٢٥
»	١٤٠٠	٧٦٠	١,٠٠٠
أحمر	١٤٣٦	٧٨٠	٠,٧٨٥
»	١٤٣٦	٧٨٠	٠,٧٥٠

كذلك أثبت التجارب أن هناك درجات حرارة خاصة أعلى قليلا من درجات الحرارة الحرجة تلائم كل نوع من الصلب عند تسخينه لطرقه بحيث اذا زادت عن ذلك أتلفت الصلب أو أضعفت تركيبه . والجدول الآتي يبين درجات الحرارة الملائمة للطرق لبعض أنواع الصلب :

درجة الحرارة مئوية	النسبة المئوية للكربون في الصلب
٨٢٥	١,٥٠٠
٨٢٥	١,٢٠٠
٨٥٠	١,١٢٦
٨٥٠	١,٠٠٠
٨٥٠	٠,٩٠٠
٨٥٠	٠,٧٥٠
٩٥٠	٠,٦٠٠

ومن المهم جدا عدم طرق الصلب على درجة حرارة أقل من ٥٧٠° مئوية وهي الدرجة التي يكون فيها لون الصلب أحمر ضاربا للبنى . لأنه إن طرق على درجة أقل من هذه تتكون فيه جهود موضعية من تأثير الطرق تسبب فيه عيوباً وتجعله معرضاً للكسر عند تقسيته أو عند استعماله كعدة قاطعة .

وفي المعامل الكبيرة التي توجد فيها أفران خاصة بعمليات التسخين تعرف درجات الحرارة المختلفة بواسطة البيرومترات السابق شرحها في الفصل الثاني

أما في المصانع الصغيرة والورش التي تجرى فيها عمليات التسخين على أكوار الحدادة أو الأفران الصغيرة أو ما شابه ذلك فتعرف درجات الحرارة من الألوان المقابلة لها والتي تظهر على قطع الصلب أثناء التسخين . وهذا يستدعى بالطبع تمرينا خاصا ومهارة كبيرة من قبل العمال .

ومن الجدول الآتي يمكن الحكم بالتقريب على درجات الحرارة بالنسبة للألوان :

درجة الحرارة المتوية المقابلة للون	اللون
٥٠٠ — ٦٠٠	الاحمرار البادئ
٧٠٠ — ٧٥٠	أحمر قائم
٨٥٠ — ٨٢٥	أحمر
٧٢٥ — ٨٧٥	أحمر فاتح
٩٠٠ — ٩٥٠	أحمر زاهي
٩٥٠ — ١٠٠٠	برتقالي قائم
١٠٠٠ — ١٠٥٠	برتقالي فاتح
١١٠٠ — ١٢٠٠	ليموني
١٢٠٠ — ١٣٠٠	أبيض
١٥٠٠ — ١٦٠٠	أبيض زاهي

العمليات الحرارية التي تجرى على الصلب — بعد أن يستخن الصلب في أكوار الحدادة أو الأفران ، وبعد طرقه ليأخذ أشكاله النهائية يلزم أن تجرى عليه بعد ذلك بعض عمليات حرارية أخرى تغير من خصائصه وتجعله صالحا للعمليات التي تتلو التشكيل وللأغراض التي سيستخدم فيها . وهذه العمليات هي : التسوية . التقسية . المراجعة . التخمير .

التسوية — وتشبه التخمير كثيرا ، وهى عملية تتبع عادة عملية الطرق والتشكيل مباشرة . فالمشغولات الصليبية بعد أن تسخن على الأكوار وتطرق لتأخذ أشكالها المطلوبة تترك حتى تبرد . لكن نظرا لأن الطرق لا يكون بنسبة واحدة فى جميع الأجزاء فإن تركيب حبيبات الصلب وكثافتها يتغير فى كل جزء تبعا لمقدار الطرق الذى وقع عليه . وعند التبريد تبرد الأجزاء الرقيقة قبل الأجزاء السميكة فتحدث فى المشغولات جهودا موضعية تجعلها عرضة للكسر أثناء العمليات التالية . فلإعادة الانتظام فى تركيب الحبيبات وإزالة هذه الجهود الموضعية يلزم أن تجرى على المشغولات عملية التسوية . وتتلخص فى إعادة تسخين المشغولات الصليبية إلى درجة الحرارة الملائمة لكل نوع من الصلب المصنوعة منه ، وذلك بوضعها فى الأكوار أو الأفران مدة كافية حتى تسرى الحرارة إلى جميع أجزائها الداخلية ثم تخرج من النار وتترك لتبرد بسرعة معتدلة فى الهواء .

ودرجات الحرارة الملائمة للتسوية لبعض أنواع الصلب هى كما يأتى :

درجة الحرارة المثوية	النسبة المئوية للكربون فى الصلب
°٨٦٠ — °٨٤٠	١٫٣٥
°٨٦٠ — °٨٤٠	١٫٢٠
°٨٢٠ — °٨٠٠	١٫٠٥
°٨٢٠ — °٨٠٠	٠٫٩٠
°٨٠٠	٠٫٧٥
°٨٠٠	٠٫٦٠

ملحوظة — بعض المصانع يكفى بأعادة التسخين الى درجة حرارة تختلف من ٧٥٠ — ٧٦٠°

مثوية فقط تبعا لكمية الكربون الموجودة فى الصلب .

التقسية — وتسمى عند الصناع (السقية) ، ومعناها زيادة نشوفة الصلب أى صلابته . والغرض منها جعل الصلب أنشف حتى لا يتآكل بسرعة إذا استعمل كعدة لقطع أو لتشكيل غيره من المعادن ، أو إذا استعمل فى أى غرض آخر يستدعى احتكاك هذا الصلب بالمعادن الأخرى .

وتتخلص عملية التقسية فى تسخين الصلب إلى درجة الحرارة الحرجة ، ثم تبريده فجأة بغمره فى سائل فيكتسب نشوفة أشد كثيرا مما كانت فيه من قبل . وعملية التقسية تجرى عادة على المشغولات عقب عمليتى التشكيل والتسوية .

ويمكن تقسية أى نوع من أنواع الصلب المتوسط أو الناشف لأية درجة مطلوبة من النشوفة تبعا لنوع السائل الذى يبرد فيه بعد تسخينه الى درجة الحرارة الحرجة . فمثلا ، تبريد الصلب بغمره فى زئبق أو أى سائل جيد التوصيل للحرارة يجعله أنشف وأكثر هشاشة مما لو غمر فى الماء الذى يعتبر موصلا رديئا نوعا للحرارة ، بينما التبريد بالزيت ينتج نشوفة أكثر اعتدالا من التبريد بالماء . لأن الزيت موصل رديء للحرارة . وبعبارة أخرى يمكن أن يقال ان درجة النشوفة التى تعطى لأية قطعة من الصلب أثناء عملية التقسية تتوقف على معدل السرعة فى تبريدها فكلما زادت سرعة التبريد زادت النشوفة والعكس بالعكس .

والسوائل التى يغمر فيها الصلب لتبريده أثناء عملية التقسية هى :

(١) الزئبق — ويعطى الصلب درجة شديدة من النشوفة والهشاشة .

(٢) الماء البارد العذب أو الماء البارد المذاب فيه قليل من ملح الطعام — يعطى درجة من النشوفة والهشاشة أقل قليلا مما يعطيها الزئبق

وكلما كان الماء أنقى وخاليا من الأملاح أو الأحماض أو المواد الغريبة كان مفعوله في التقسية أكثر اعتدالا، وعلى ذلك فالماء المقطر هو أحسن أنواع الماء في عملية التقسية .

(٣) الزيت أو الماء الساخن — يعطى درجة نشوفة أقل من جميع السوائل السابقة . والتبريد بالزيت لا تعقبه هشاشة ويزيد في مرونة الصلب وفي مقاومته للشد، ولذلك يستعمل بكثرة في تقسية أنواع اليايات والمناشير التي تكون معرضة للاهتزازات الكثيرة ، والتي يشترط في صنعها الجمع بين المرونة ودرجة معتدلة من النشوفة . وأحسن أنواع الزيوت لهذا الغرض هو زيت بذرة القطن ويليه زيت الحوت ثم البرافين والجلسرين ثم بعض الزيوت النباتية أو المعدنية . وتسخين الصلب إما أن يكون في أفران وقودها الفحم الحجري أو الزيت أو الغاز ، وأما أن يكون في أكوار الحداة . والأفران أفضل كثيرا من الأكوار لأنه يمكن فيها قراءة درجات الحرارة بدقة بواسطة أجهزة البيرومترات . أما في حالة الأكوار — وهي المستعملة بكثرة في البلاد المصرية — فيحسن أثناء التسخين أن يكون الوقود المستعمل فيها هو الفحم الكوك أو الفحم النباتي والآخر أفضل كثيرا لتقائه ونظافة لهبه ولعدم احتمال وجود أوساخ فيه تنتقل منه إلى الصلب . ويلزم أن يجري التسخين ببطء في مبدأ الأمر حتى تسرى الحرارة إلى جميع أجزاء القطعة المطلوب تسخينها ثم بعد ذلك ترفع حرارتها بسرعة إلى الدرجة اللازمة بشرط ألا تزيد حرارة أحرافها عن باقي جسمها .

وعلى العموم يلزم أن يراعى في تسخين الأقسام القاطعة وما شاكلها أثناء عمليات التقسية النقاط الآتية :

(١) عدم تسخين الصلب أكثر من اللازم .

(ب) عدم تسخين الصلب بسرعة .

(ج) عدم ترك الصلب في النار مدة طويلة .

(د) تسخين جميع أجزاء الصلب بنسبة واحدة بما ذلك القلب ، وعدم

الاقتصار على تسخين الغلاف الخارجى فقط . فشدة التسخين

ينتج عنها احتراق الصلب . والاحتراق معناه تكون أوكسيد الحديد

في الصلب فيتلفه ويجعله غير صالح للعمل . وزيادة التسخين

البسيطة يمكن علاج تأثيرها إلا أنها تقلل جودة الصلب .

وسرعة التسخين ينتج عنها تمدد وانكماش غير منتظم في الصلب .

وترك الصلب مدة طويلة في النار ينتج عنه اختزال الكربون من بعض

أجزاء سطح الصلب فلا تقسو عند غمرها في السائل . وعلى ذلك يصبح

الصلب عديم الفائدة إلا اذا أزيلت منه الطبقة التى فقدت كربونها على حجر

الجلخ أو حجر المياه أو بالمبرد .

والتسخين بدرجة مختلفة يجعل بعض أجزاء الصلب أسخن من البعض

الآخر فلا تنكش بالتساوى أثناء غمرها في السائل فتصدع .

ويلزم بعد تسخين الصلب عدم مسكه بملقط بارد أو مبتل بل يلزم أن

يكون الملقط ساخنا لدرجة الاحمرار القاتم ، وأن تكون حواف فكّيه حادة

حتى يكون موضع التماس بين الملقط والصلب صغيرا جدا . فاذا لم يكن كذلك

فإن جزء الصلب المسوك بين فكّي الملقط لا يبرد بنفس السرعة التى تبرد بها

بقية أجزائه عند غمره في السائل فينتج عن ذلك انكاش غير متساو ويتصدع الصلب .

ويلزم أن يوضع سائل التبريد قريبا جدا من الفرن أو الكير وأن تكون كميته وافرة وافية بالنسبة لحجم قطعة الصلب المطلوب تبريدها . ويحسن أن يكون هذا السائل جاريا غير آسن لنضمن درجة حرارة منتظمة فيه .

والقطعة المطلوب تقسيتهما يلزم أن تكون على قدر الإمكان خالية مما يأتي :

(١) خدوش عميقة .

(٢) علامات زنبه أو ثقب غير ناعمة .

(٣) زوايا أو نتوءات حادة زيادة عن اللازم .

لأن وجود هذه الأشياء في الصلب يجعله عرضة للكسر عند التقسية ويبدأ الكسر عادة فيها . كذلك يلزم أن يكون الصلب المعد للتقسية نظيفا وجافا جدا قبل وضعه في النار .

المراجعة — إن تقسية الصلب بغمره في الماء البارد أو الساخن هي أكثر الطرق استعمالا في جميع الورش لاسيما في القطر المصري ، وذلك لرخص تكاليفها وسهولتها وسرعة أدائها ، ولكن التقسية بهذه الطريقة تجعل الصلب ناشفا جدا لدرجة أنه قد يחדش الزجاج كما أنها تجعله هشاً غير قادر على مقاومة الصدمات والاهتزازات .

وبما أن أغلب الصلب الناشف هو الذى يستعمل بعد تقسيته فى الأقلام والعدد القاطعة واليايات وما شاكلها من الأدوات المعرضة للإهتزازات أثناء أدائها لعملها فلا بد من إجراء عملية عليها تزيل منها هذه الهشاشة وتعطيها درجة من النشوفة تتفق ونوع العمل المطلوب منها . فالعملية الأخيرة تدعى المراجعة ويقصد منها إزالة النشوفة الزائدة والهشاشة والجهود الموضعية من أغلب العدد وجعل حدها القاطع فى درجة من النشوفة تمكنها من أداء عملها على الوجه الأتم دون أن تنكسر بسرعة ، فما سبق يرى أن عملية المراجعة تتبع دائما عملية التقسية فى أغلب الأقلام والعدد القاطعة ومن ذلك يمكننا أن نقرر ما يأتى :

لمراجعة أى عدة مصنوعة من الصلب الناشف يلزم تقسيته أولا بتسخينها الى درجة الحرارة الحرجة وغمرها فى الماء . ثم تجرى عليها عقب ذلك مباشرة عملية المراجعة بتسخينها مرة ثانية . فان كانت كبيرة تسخن فى أفران خاصة وان كانت صغيرة تحمى قطعة من الحديد الى درجة حرارة كافية وتوضع عليها القطعة المراد مراجعتها فترفع درجة حرارة الأخيرة الى الدرجة الملائمة (وتميز باللون) ثم تغمر فى الماء أو أى سائل آخر .

ولكل عدة درجة حرارة خاصة يلزم مراجعتها عندها كما أن لكل درجة حرارة لونا خاصا تمتاز به يظهر على سطح العدة فيمكن الاستغناء به عن قراءة درجة الحرارة . وهذه الألوان تنتج عن تكون طبقة من الأوكسيد على سطح الصلب المصقول عند تسخينه ، وتتغير تبعا لدرجة الحرارة .

والجدول الآتي يبين درجات حرارة المراجعة لبعض أنواع العدد والألوان
المقابلة لهذه الدرجات :

درجة النسوة	درجة الحرارة المتوية	اللون	الاستعمال
ناشف	°٢٢٠	ذهبي فاتح جدا ...	لأقلام المخارط والمقاشط من الحجم الصغير .
	°٢٣٠	ذهبي فاتح ...	لسكاكين الفريزة وأوجه الجواكش وأسلحة الأمواس .
	°٢٤٠	ذهبي قائم ...	للثاقيب والمطاوى ولأقلام المخارط والمقاشط من الحجم الكبير وللأسطوانات .
	°٢٥٥	أصفر ضارب للسرة ...	للسنايك وذكور ولقم القلاووظ والمقصات وكساتير الفارات ولعدد التجارة القاطعة .
	°٢٦٥	بنى ضارب للحمرة ...	لعدد قطع الأججار والبراغل والدفرات والأسطوانات .
متوسط	°٢٧٥	ارجواني ...	للبلط والفؤوس ومقاطع الحداد وبريمة النجار والسكاكين
	°٢٨٥	ارجواني ضارب للزرق	للأزاميل ومقاطع الحداد والأجنات والسيوف وزميركات الساعات .
	°٢٩٥	أزرق قائم ...	للفكات والمنشير الدقيقة ومقاطع الحداد التي تقطع على البارد .
	°٣١٠	أزرق فاتح ...	للبايات والمنشير اليدوية .
طرى	°٣٣٠	سجاني ...	لا يصلح لشيء .

والألوان الارجوانية تعرف عند الحدادين بجناح الدبور

ولكى تظهر هذه الألوان بوضوح تام يلزم أن يكون سطح الصلب خاليا من الأوساخ والقشور ، وعلى ذلك يجب أن ينظف جيدا بأن يدعك بقطعة حجر أو صنفرة حديد حتى ينصقل .

طرائق التقسية والمراجعة — تختلف طرائق التقسية والمراجعة تبعا لنوع العدة وشكلها . وتبعا للجزء المطلوب تقسيته ومراجعته منها ، فبعض العدد تقسى كلها وبعضها يقسى جزء كبير منه والبعض الآخر يقسى جزء صغير منه . وعلى ذلك سنضرب هنا بعض الأمثلة للطرائق المختلفة للتقسية والمراجعة :

١ — العدد التي يجب أن تكون قساوتها واحدة في جميع جسمها :

(١) تقسية ومراجعة سكينه فريزة مصنوعة من الصلب الناشف شكلها اسطوانى وقطرها ٣ بوصات وسمكها ٤ بوصات وفى منتصفها ثقب مستدير قطره ١,٢٥ بوصة — أضمن طريقة لتقسية هذه السكينه هو تسخينها لدرجة الاحمرار القاتم ، ثم تبريدها بغمرها فى الزيت المغلى وحينئذ يستغنى عن المراجعة . لكن اذا كان الزيت غير متوافر تقسى السكينه بتسخينها ببطء وعناية الى درجة الاحمرار القاتم وتغمر فى الماء الدافى وتترك فيه حتى تبرد بشرط ألا تلامس الهواء لا سيما إن كان أبرد من الماء المغمورة فيه ، لأنها تتصدع من جراء ذلك . وبعد إخراج السكينه من الماء تدعك بقطعة حجر أو بصنفرة حديد ثم تراجع بوضعها على سيخ ساخن يمر من ثقبها المتوسط وتعرض للهب ضعيف نظيف مع تحريكها بحركة دائرية حتى تسخن وتأخذ ألوان المراجعة فى الظهور عليها فعند ظهور اللون المناسب تغمر حالا فى الماء الدافى مرة ثانية وتترك حتى تبرد .

(ب) تقسية ومراجعة ياي خوصة ثقيل كياى عربات السكة الحديد وعربات النقل الخ — يسخن الياي على كير الحداد (بحيث تشمله النار بأجمعه) الى درجة الاحمرار القاتم ، ثم يغمر في الماء على شرط أن يسحب منه قبل أن يبرد تماما ، وبعد سحبه ينقل مرة أخرى الى الكير بعد أن تخفف ناره بتقليل تيار الهواء فيه . ويمر الياي على هذه النار جيئة وذهابا حتى يسخن بانتظام في جميع أجزائه فاذا ما سخن الى درجة الحرارة الموافقة للمراجعة يرفع ثم يوضع فوق أرضية جافة ليبرد . واذا وضع الياي في غرفة مظلمة بعد رفعه من النار مباشرة يرى أن لونه آخذ في الانقلاب من السواد الى الاحمرار .

ودرجة حرارة المراجعة لهذه اليايات تعرف عادة في الورش الصغيرة بامرار قطعة جافة من الاجشاب الصلبة كالبلوط وخلافه على طول الياي مع تسليط ضغط بسيط عليها فان تطاير من قطعة الخشب شرر كان دليلا على أن الياي قد ارتفعت حرارته الى درجة المراجعة المطلوبة .

(ج) تقسية ومراجعة اليايات الخوصة الخفيفة — تقسى هذه اليايات بدون استثناء بغمرها في الزيت بعد تسخينها : فاذا كان الياي المطلوب تقسيته ومراجعته مثلا على شكل خوصة (طولها ٥ بوصات وعرضها $\frac{3}{4}$ بوصة وسمكها $\frac{1}{16}$ من البوصة) يسخن ثم يغمر في الزيت المغلي ، ولمراجعته يرفع من الزيت ويمسك فوق النار حتى يلتهب الزيت المتبقى على سطحه وعندها يرفع من النار ويترك ليبرد . وأحسن طريقة لتبريده هي وضعه على غربال من

سلك حتى يبرد بانتظام في جميع أجزائه . ويستحسن بعض الحدادين تكرار عملية الغمر في الزيت والوضع على النار دفعتين أو ثلاث دفعات ضمنا للمراجعة . كما أن بعض الحدادين يتبع طريقة أخرى في المراجعة وذلك بتنظيف الباي بعد رفعه من الزيت ثم يوضع على النار أو على قطعة صاج ساخنة حتى ينقلب لونه الى أزرق قائم وعندها يبرد بالطريقة السابقة .

(د) تقسية ومراجعة باي حلزوني صغير — الطريقة مشابهة تماما لما

سبق بيانه في (ج) فقط تحتاج لعناية زائدة لانه اذا وضع الباي الحلزوني في النار مباشرة فانه ينحني عند تسخينه بتأثير ثقله . وأحسن طريقة هي وضع الباي حول سيخ في جميع أدوار العملية.

(هـ) تقسية ومراجعة العدد الصغيرة — تسخن هذه العدد إلى درجة

الاحمرار وتغمر في الماء ثم تدلك بقطعة حجر أو صنفرة حديد وبعدها تراجع بوضعها على قطعة صاج ساخنة لدرجة الاحمرار حتى يظهر عليها اللون المناسب ، ثم تغمر في الماء أو توضع في رمل ساخن حتى تبرد . والمراجعة بالرمل أحسن كثيرا من المراجعة بالماء .

(٢) العدد المطلوب تقسية ومراجعة جزء صغير منها فقط :

مثل الأقلام القاطعة للمخارط والمقاشط والمناقيب والأجنات الخ — يستخن جزء كاف من العدة في النار إلى درجة الحرارة المناسبة ثم يغمر الجزء المطلوب تقسيته أو أكثر منه قليلا في الماء بحيث يكون الغمر تدريجيا ، فيلمس الحد القاطع الماء أولا ، ثم يتبعه باقي الجزء المطلوب تقسيته ، ويحرك هذا الجزء باستمرار لأعلى ولأسفل حركة غير منتظمة فيبرد ويقسو جدا ، ثم

ترفع العدة من الماء وينظف الجزء القاسى منها بدعكه بقطعة حجر حتى يلمع ، وعندئذ تسرى الحرارة اليه من باقى جزء العدة الساخن ، وتأخذ ألوان المراجعة فى الظهور عليه بالتوالى ، فعند ظهور اللون المناسب يغمر فى الماء ثانيا ، فيكتسب درجة النشوفة الموافقة له .

(٣) العدد المطلوب تقسية ومراجعة جزء كبير منها :

كذ كور القلاووظ مثلا — فالجزء المطلوب تقسيته ومراجعته منها هو الجزء المقلوظ فقط ، أما الجزء المربع فيترك بدون تقسية ، وذكر القلاووظ بعد أن يخلق فيه السن القاطع يُقَسَّى بالطريقة المعتادة ، وبعدها يدعك ويصقل ثم يؤتى بماسورة قصيرة قطرها من الداخل أوسع قليلا من قطر الذكر ، ويوضع طرفها فى النار حتى يستخن إلى درجة الاحمرار القاتم ، وفى خلال ذلك يمسك الذكر من القطعة المربعة بواسطة لقط ساخن لدرجة الاحمرار فتسرى الحرارة من اللقط إلى الذكر ، حتى إذا ما أخذ اللون الذهبى الفاتح يظهر على سطح الجزء المربع للذكر يوضع الأخير داخل الماسورة حتى يظهر على الجزء المربع منه اللون الأزرق الغامق ، وحينئذ يكون لون الجزء المقلوظ ذهبيا غامقا ، وعندها يسحب الذكر من الماسورة ويغمر فى الماء فتكون درجة نشوفته هى المطلوبة .

وهناك طرائق أخرى كثيرة للمراجعة لا يتسع لها هذا الكتاب ، ويلاحظ عند تقسية العدد اللامعة مثل ذكور القلاووظ ولقمها وساكنى الفريزة والبراغل الخ أنه يحسن المحافظة على لونها اللامع أثناء التقسية ، ويمكن الوصول لذلك بسهولة بتغليف العدة قبل وضعها فى النار بصابون طرى أو دقيق شعير معجون أو رواسب دنان تخمير البيرة . ففى حالة الصابون لا خوف من وضع العدة مباشرة فى النار بعد تغليفها بالصابون ، لكن فى المادتين الأخيرتين

يجب تجفيف المادة التي فوق سطح العدة قبل وضعها في النار لأنها إن وضعت وهي مبتلة يتجمع عليها تراب الكير ويلتصق بها فيجعلها قذرة جدا.

طرائق التسخين للتقسية — هناك عدة طرائق لتسخين القطع الصلبة عند تقسيته ، وتتعلق هذه الطرائق على نوع وحجم القطع ؛ فللقطع الكبيرة تستعمل أفران خاصة وقودها الغاز أو الفحم الحجري أو الكوك ومعظمها من النوع ذى الجذب الطبيعي وفيها لا يمس اللهب القطع الصلبة ، وتقاس درجة الحرارة فيها بأجهزة البيرومترات . أما في الورش الصغيرة فيستعمل فرن كالمين بشكل (٣١) السابق شرحه — وفي العادة تقلب القطع داخل هذه الأفران من آونة لأخرى حتى نضمن تسخينها بدرجة واحدة ، وهذه الأفران مستعملة بكثرة في تقسية پايات السكك الحديدية والسيارات والعربات . ومن عيوب بعضها تعريض القطع الجارى تسخينها للهواء اللازم لاحتراق الوقود .

أما القطع الصغيرة فتسخن في معدن الرصاص المنصهر وعلى الأخص القطع الصغيرة جدا كأزرار (بنوز) المحركات الصغيرة ، وفي العادة توضع تلك القطع في إناء من الصلصال على مصفاة تغمر في الرصاص المنصهر بعد تسخينها مبدئيا على نار هادئة حتى لا تتمدد بسرعة إن غمرت في الرصاص وهي باردة . ويغطى سطح الرصاص المنصهر عادة بمسحوق من الفحم لمنع تأكسد الأول .

أما في الورش الصغيرة التي تقسى أجزاء صغيرة في فترات محدودة فتستعمل للتسخين طرائق عدة منها : التسخين داخل ماسورة ، وذلك بأن توضع القطعة في ماسورة أوسع بقليل من حجم القطعة ثم تسخن على نار هادئة مع الاستمرار في تحريك الماسورة بحركة دائرية حتى يضمن بقدر الإمكان تسخينها بدرجة واحدة ، كذلك يستعمل حمام الرمل الساخن كأداة للتسخين عند المراجعة .

وعلى العموم لا يمكن حصر طرائق التسخين العدة في هذا الكتاب وقد اكتفينا بذكر ما سبق .

وقبل أن نترك هذا الباب يجب أن نذكر أن ثانيا نقطة مهمة في عملية التقسية هي طريقة غمر القطع في الماء أو الزيت فيجب دائماً أن تغمر القطع بطولها خوفاً من التوائها أو قتلها، فمثال ذلك عند غمر ذكركر قلاووظ في السائل يجب أن يغمر رأسيا مبتدئاً بالطرف المقلوظ أولاً وأن يستمر في الغمر الى الطول المطلوب .

وهناك بعض أنواع من الصلب تقسى بتبريدها في تيار من الهواء .

التخمير - ومعناه التطرية وهو عكس التقسية إذ بواسطته يمكن جعل الأنواع الناشفة من الصلب طرية فيمكن تشكيلها بسهولة على المخارط والمقاشط وما شابهها من آلات التشكيل .

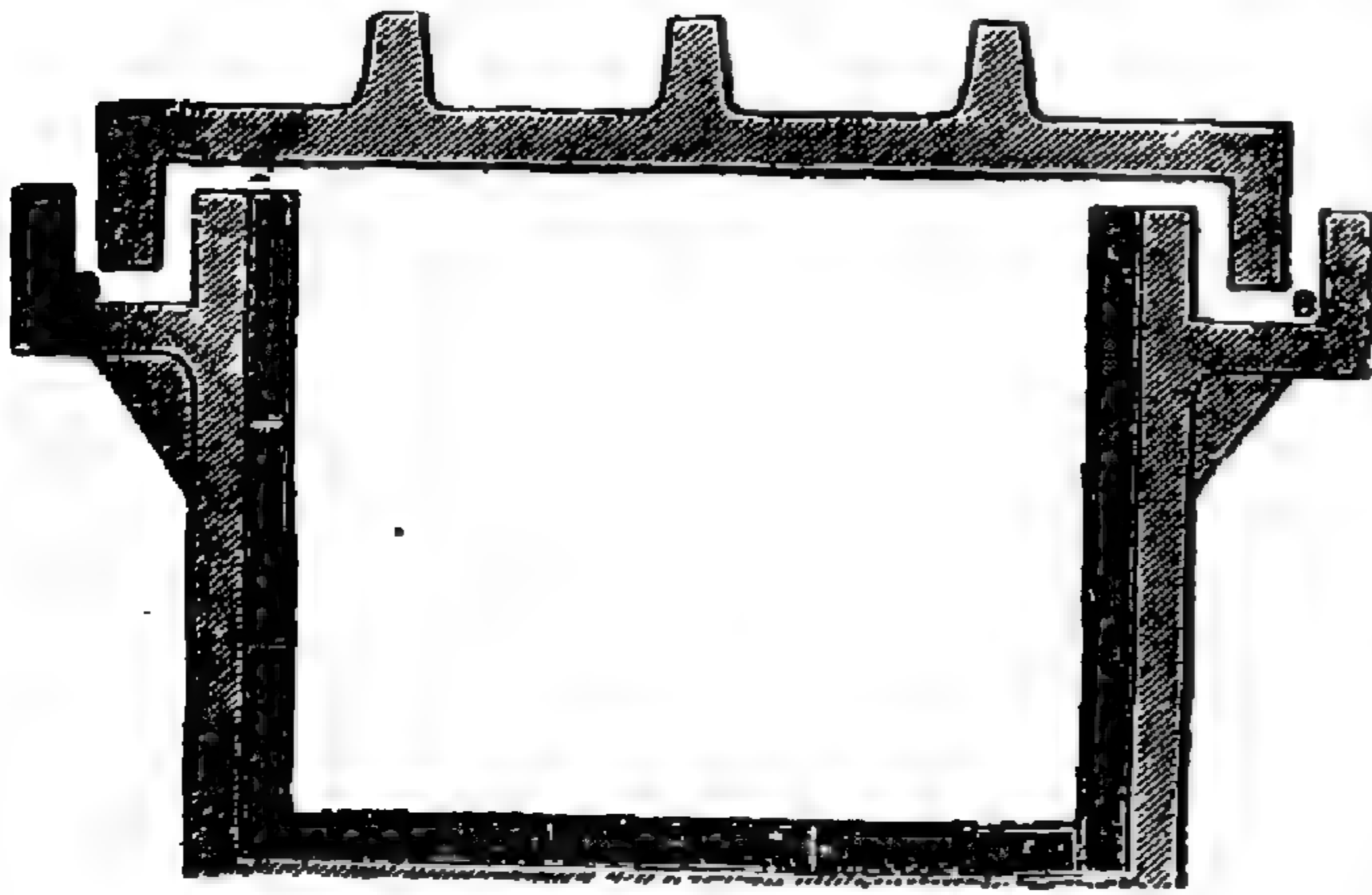
وتتلخص عملية التخمير في تسخين الصلب الناشف في الأفران أو الأكوار لدرجة الاحرار الفاتح (من ٨٢٥° - ٨٥٠°) تبعا لنسبة الكربون فيه ثم إخراجها وتركه يبرد ببطء شديد في الهواء أو في الرماد أو أى مسحوق آخر ردىء التوصيل للحرارة فيصبح طريا . ويلاحظ أنه كلما طال الزمن الذى يستغرقه التبريد كان الصلب المخمر أطرى . ومن هذا يرى أن مشغولات الصلب الناشف التى تشكل مبدئيا بواسطة الحداد بتسخينها على الكير ثم طرقها الى الأشكال المطلوبة تتخمّر من تلقاء نفسها أثناء عملية التشكيل. أما المشغولات التى تشكل مباشرة على آلات التشكيل دون أن تمر بالحداد فيلزم تخميرها أولا حتى يمكن تشكيلها بسهولة على هذه الآلات دون أن تتلف الأقلام القاطعة . وللتخمير زيادة على ذلك فائدة أخرى إذ يمكن بواسطته أن تستعيد المشغولات الصلبة أو الحديدية التى تقسو من الاستعمال جزءا من مرونتها فتقوى على تحمل

الصدمات والاهتزازات دون أن تنكسر فمثلا جنازير الأوناش (سلاسلها) تفقد عادة جزءا كبيرا من مرونتها من كثرة الاستعمال ، فيمكن إعادة هذه المرونة اليها من وقت لآخر بواسطة التخمير . لكن العلاج بهذه الطريقة يشبه كثيرا ما سبق ذكره في عملية التسوية . والواقع أن هاتين العمليتين تتشابهان جدا لدرجة أن كثيرا من الكتب تخلطهما معا وتجعلهما عملية واحدة بيد أن أحدث الآراء الفنية تفرق بينهما بدعوى أن التسوية تأتي بعد التشكيل بواسطة الطرق وتستلزم التبريد بسرعة معتدلة بعد التسخين لإزالة الجهود الموضعية من المعدن ، بينما التخمير يقتضى التبريد ببطء شديد لتطرية المعدن توطئة لتشكيله على الآلات .

طرائق التخمير — وتختلف باختلاف نوع المشغولات وعددها فان كان المطلوب تخمير قطعة واحدة فانها تخمر بالطرق الآتية :

- (١) تسخن القطعة إلى درجة الاحمرار ثم تترك في الهواء الساكن حتى يصبح لونها أسود ثم تغمر في ماء به صابون أو قليل من الزيت . ويحاذر في هذه الطريقة من وضع القطعة في تيار هواء أو على معدن أو حجر بارد .
- (٢) تخمر القطعة بوضعها في صندوق صغير وتسخينه إلى درجة الاحمرار في كير الحداثم تغطيته بفحم الكوك وتركه ليلة كاملة حتى يبرد فتتخمّر القطعة .
- (٣) تخمر القطعة بدفنها بعد تسخينها إلى درجة الإحمرار في صندوق ساخن مملوء بالجير المطفى الجاف أو مسحوق فحم الكوك أو الرماد أو الطفل الحرارى "الطين الحرارى الجاف" . ثم تترك فيه حتى تبرد فتتخمّر . والجير أفضل من غيره على شرط أن يسخن قبل استعماله حتى ينطرد منه الماء المحتمل وجوده فيه .
- (٤) يمكن تخمير القطع جزئيا اذا كانت مطلوبة بصفة مستعجلة جدا وذلك بتسخينها إلى درجة الاحمرار القاتم (نحو ٦٠٠° مئوية) ثم غمرها في الماء الساخن .

أما إذا كان المطلوب تخمير عدد كبير من القطع في وقت واحد — فأفضل طريقة هي طريقة التخمير المقل، ويتلخص في وضع القطع في صندوق من الحديد كالمبين في شكل (٥٦) وهذا الصندوق مبطن بالطين الحرارى ومصنوع بكيفية يسهل معها إخراج جميع الهواء منه. ثم يحكم قفل الصندوق بوضع أحرف غطائه في المجارى المحيطية التى تملأ بالرمل ثم تسد بالطين الحرارى. وبعد ذلك يوضع الصندوق في فرن وقوده الزيت أو غاز الاستصباح والذي يمكن



فيه المحافظة على درجة

حرارة ثابتة ، ثم يحشى

الفرن ببطء حتى تصل

حرارته الى درجة

تختلف من ٧٢٠° —

٧٧٠° مئوية تبعاً لكية

الكربون الموجودة في

(شكل ٥٦ — صندوق التخمير)

القطع المطلوب تخميرها. ويترك الصندوق في هذه الحرارة من ساعة إلى أربع ساعات وبعد ذلك تطفأ النار من الفرن وتترك لتبرد ببطء والصندوق داخلها فتتخمّر محتوياته .

التخمير اللامع — إذا أريد تخمير قطع مصقولة لامعة من الصلب دون أن تفقد لمعتها فيمكن ذلك بسهولة بوضعها في صندوق من الطراز السابق ، فقط يفتح في أحد جانبيه ثقب تركيب فيه ماسورة طويلة تنفذ خارج الفرن نحو قدمين أو ثلاثة حتى يمكن توصيلها بأحدى المواسير العمومية لغاز الاستصباح ويفتح في الجانب المقابل ثقب آخر قطره نحو ١/٨ بوصة أو أكبر قليلاً . ثم يملأ الصندوق بالمشغولات المصقولة ويوضع في الفرن ويوصل بماسورة الغاز العمومية ويفتح الغاز فيتخلل الصندوق ويهرب من الثقب الصغير

فيوقد عند هروبه منه لكن يلزم التأكد أولا من خروج جميع الهواء من جوف الصندوق قبل إيقاد الغاز خوفا من حصول فرقة . فاذا ما تم ذلك يحمى الفرن بالطريقة المعتادة فيتخمر الصاب لكن نظرا لكون جميع الهواء قد طرد من قبل وحل محله الغاز فان الصاب لا يتأكسد بل يحافظ على لمعانه .

أفران إعادة التسخين^(١) — تستدعى العمليات الحرارية سواء أكانت للتخمير أم للتقسية أم لغير ذلك عناية تامة ، وأن يكون التسخين منتظما ، وألا يتجاوز درجة الحرارة المطلوبة لكل عملية لأنه إن تجاوزها أتلف الصلب أو أنقص من جودته . فهذه الشروط لا يمكن توافرها في الأكوار العادية لعدم إمكان ضبط درجة الحرارة فيها . وعلى ذلك لا بد من إجراء هذه العمليات في المصانع الكبيرة في أفران خاصة تسمى أفران إعادة التسخين وهذه الأفران تجهز في الغالب بيرومترات لقراءة وضبط درجات الحرارة .

ولهذه الأفران أهمية خاصة في تقسية ومراجعة العدد الصغيرة الدقيقة التي إن جاوزت حرارتها الحد المطلوب يبضع درجات أتلفت العدد . لكن أهميتها لا تقتصر على ذلك نظرا لما لها من المزايا الأخرى كانتظام درجة الحرارة فيها أثناء العمليات الحرارية ، وقابليتها لأخذ عدد كبير من العدد في وقت واحد . ومقدرتها على تسخين كميات كبيرة من العدد المتماثلة المتكررة تسخيننا متعادلا أي بدرجة واحدة . فهذه المزايا تجعل استعمال هذه الأفران محتما في المصانع الكبيرة .

وهذه الأفران إما أن يكون وقودها جامدا كالقحم وإما سائلا كالزيت المعدنية وإما غازيا كغاز الاستصباح . واختيار هذا النوع أو ذاك يتوقف على الأحوال المحلية ورخص الوقود في منطقة المصانع . لكن الأفران التي

(١) هذه الأفران تستخدم أيضا في استخراج الأنواع المختلفة من الحديد الخام .

وقودها الزيت أو الغاز أفضل كثيرا من الأفران التي وقودها الفحم لأنه يمكن في النوعين الأولين ضبط وتنظيم الحرارة بدرجة أدق .

وهذه الأفران منها ما هو من النوع المستور الذي لا يلامس فيه الهواء المعدن ومنها ما يدخله الهواء بحرية . ويمتاز النوع الأول عن الثاني في سهولة وضع جهاز البيرومتر فيه ودقة ضبطه لدرجات الحرارة كما يمتاز بأن الأشياء المطلوب تسخينها فيه توضع بعيدا عن فعل اللهب فتسخن بفعل الحرارة المتشعة اليها فقط .

أما النوع الثاني فإن الأشياء المطلوب تسخينها فيه تسخن بفعل اللهب مباشرة . فإن كانت كمية الهواء الداخلة إلى الفرن أزيد من اللازم لاحتراق الوقود فإن الزيادة تحدث تأكسدا في سطح المعدن وتضعف من قوته وقت التقسية . وعليه يلزم في هذا النوع ملاحظة ادخال كمية من الهواء أقل مما يلزم للاحتراق .

وهناك أنواع أخرى من الأفران غير الأنواع السابقة تسمى الأفران ذات الحمام بعضها تستعمل فيه أملاح خاصة مجهزة تنصهر على درجات حرارة معينة ، والبعض يستعمل فيه زيوت ذات نقطة اشتعال مرتفعة ، والبعض الآخر يستعمل فيه رصاص نقي خال من الكبريت والمواد الأخرى المضرة . فتوضع هذه المواد في حمامات (أحواض) الأفران وتوضع العدد المطلوب تسخينها فيها فيضمن انتظام تسخينها . ويلزم أن يراعى في الأملاح أن تكون متخبة جيدا حتى لا تتفاعل مع سطح الصلب وتحدث فيه حفرا صغيرة . وفي الزيوت أن تكون درجة اشتعالها مرتفعة حتى لا تشتعل وهي داخل الحوض . أما الرصاص فنظرا لكونه ينصهر على درجة حرارة ٣٣٠° مئوية فيلزم أن يضاف إليه قليل من القصدير أو الأنثيمون لخفض درجة انصهاره وذلك عند استخدام الفرن في عملية المراجعة .

الفصل الثانى عشر

الأنواع المستحدثة من الصلب

للصلب الكربونى — جميع أنواع الصلب السابق شرحها يطلق عليها فى العرف الصناعى اسم الصلب الكربونى نسبة للكربون الذى هو أهم عنصر فى تركيبها يساعد على تمييز بعضها عن بعض ، وقد كان الصلب الكربونى بجميع أنواعه هو المستعمل فى الأغراض الصناعية المختلفة حتى أواخر القرن التاسع عشر لأنه كان يفى بحاجاتها وجميع مطالبها ، لكن تطور الصناعة بعد ذلك تطورا شمل جميع فروعها من ميكانيكية وكهربائية ومعمارية ، وكذلك إختراع السيارات والطائرات وغيرها من الآلات التى تجمع بين السرعة والمتانة وخفة الوزن ومقاومة الصدمات والاهتزازات ، ومقاومة الحرارة جعل من المحتم إيجاد معدن جديد غير الصلب الكربونى تجتمع فيه هذه الصفات كلها فى وقت واحد . وكذلك إيجاد عدد قاطعة شديدة النشوفة تقوم بتشكيل هذا المعدن على آلات التشكيل من مخارط ومقاشط وخلافها . فنشطت المصانع على إختلاف ألوانها إلى عمل تجارب متنوعة ومباحث مستفيضة للوصول إلى المعدن المنشود وجعلت أساس بحثها الصاب الكربونى نفسه فوجدت أن إضافة عناصر معدنية أخرى عليه يعدل من صفاته ويوجد فيه خصائص لم تكن موجودة من قبل . فمثلا إضافة جزء من عنصرى التاجستن والكروم على الصلب يزيد نشوفته وصلابته ومقاومته للثنى والالتواء والحرارة . كما أن إضافة جزء من عنصر الفاناديوم على هذين العنصرين ينشط هذه الخصائص الجديدة ويقويها .

صلب السبائك — وقد ترتب على هذه التجارب والمباحث أن نبتت أنواع جديدة من الصلب تفي بمقتضيات الوقت الحاضر وتجيب مطالب الصناعة الحديثة ، وقد أطلق عليها بصفة عامة اسم صلب السبائك أو الصلب المخصوص تميزا لها عن الصاب الكربوني . ثم نعت كل منها باسم خاص اشتق من صفاته البارزة أو من العناصر المهمة الداخلة في تركيبه .

وإليك أهم هذه الأنواع :

(١) صلب السبائك للمنشآت الآلية — ويشمل جميع الأنواع الخاصة التي تستخدم في صنع الأجزاء المهمة من المحركات لاسيما ما كان منها يتطلب زيادة في المتانة ووفرة في الوزن ومقاومة للصدمات والحرارة وغيرها من الصفات التي لا تتوفر في الصلب الكربوني . وأهم أنواع هذا الصلب هي :

(١) الصلب النيكل العالي — ويشمل جميع الأنواع التي يدخل النيكل في تركيبها بنسبة ٣ في المائة أو أكثر . والنيكل يزيد في صلابة الصلب ومتانته وقابليته للتمدد ومقاومته للحرارة . وتصنع من هذا الصلب صمامات الحر والعامد وشمعات الاشتعال للسيارات والطائرات وكذلك بعض محاور الكرنكات والدناجل .

وإن زادت نسبة النيكل إلى ٣٠ في المائة فإنها تجعل الصلب غير قابل للتآكل بفعل الصدأ والأملاح ، وعلى ذلك تعمل منه سلاسل البواخر والأسلاك الكهربائية البحرية وغيرها من الأشياء المعرضة لتأثيرات المياه المالحة .

(ب) الصلب النيكل المتوسط — ويشمل جميع الأنواع التي يدخل النيكل في تركيبها بنسبة متوسطة أقل مما في النوع (١) . ويستخدم

في صناعة المطروقات المتوسطة المتانة لا سيما ما كان منها خاصا
بأجزاء السيارات .

(ح) الصلب النيكل الكرومي — ويحتوى على نسبة معتدلة من النيكل
تكسبه الصفات السابق شرحها في (ا) ثم على نسبة أقل من
معدن الكروم تزيد في نشوقه . وأنواع هذا الصلب تستخدم في
صنع محاور الكرنكات والدناجل والتروس وغيرها من الأجزاء
المعرضة للصدمات الشديدة كما في السيارات والطائرات .

ويستخدم بعض أنواعه أيضا في صناعة المواسير الداخلية للدفاع
السريعة ويكون تركيبه كما يأتى :

كربون ٠,٤ في المائة . كروم واحد في المائة . نيكل
٢ في المائة، والباقي من عنصر الحديد .

وعلى العموم كان من أهم مزايا إضافة النيكل نعومة سطح
الصلب فتقلل من الاحتكاك والتآكل .

(د) الصلب الكرومي الفاناديومى — ويحتوى على نسبة معتدلة من
الكروم والفاناديوم . وهو أكثر متانة من الصلب (ح) ويستخدم
في نفس الأغراض .

ويوجد غير ذلك أنواع أخرى عدة من صلب السبائك للمنشآت أقل
أهمية من الأنواع الأربعة السابقة ولا لزوم لذكرها هنا .

(٢) صلب السبائك للأغراض الكهربائية — يستخدم في صنع
قطع المغناطيس اللازمة للتليفونات وللعدادات الكهربائية ومولدات الشرر
وغیرها من الأجهزة الكهربائية التى تحتاج لقطع مغناطيسية دائمة . وتوجد
من هذا الصلب أنواع أخرى تصنع منها القطع اللامغناطيسية (أى التى لا تتأثر

بفعل المغناطيس) كزبركات الساعات ورقاصاتها وأغطية القطع المغناطيسية وغير ذلك .

وأهم المعادن التي تدخل في تركيب هذه الأنواع زيادة عن عنصرى الحديد والكربون هي : الكروم والمانجنيز والتانجستن والموليبدنوم والفاناديوم والتيناينوم والكوبالت .

(٣) الصلب الذى لا يصدأ — وأنواعه تقاوم الصدأ مهما طال تعرضها للهواء بخلاف الصلب الكربونى الذى يصدأ بسهولة إذا عرض للهواء الرطب ويدخل في تركيبه الكروم والنيكل والنحاس بنسب مختلفة تبعا لنوع المشغولات المطلوب صنعها منه . وهو يستعمل في أغراض شتى ، فمنه الطرى القابل للتمدد ، ومنه الناشف المتين ، ومنه مالا يتأثر بفعل المغناطيس كذلك منه ما يصنع على شكل ألواح أو مواسير أو أسياخ . وهو قابل للطرق وللضغط وللتخمير وللحام بسهولة ، ويمكن أيضا لحامه بالقصدير أو بمونة النحاس وتصنع منه بعض محابس البخار وریش الدورات البخارية (الطوربينات) وبعض أجزاء الطلمبات وكباسات الهواء والأجزاء المعرضة للاء في السيارات ، كذلك بعض أنواعه لا تتأثر بالأحماض التي توجد في الأطعمة والأجسام ، لذلك يعمل منها الآن أحسن أنواع السكاكين والشوك ومشارط الجراحة واستعمل حديثا في التعلية الأخيرة لخزان أسوان .

(٤) صلب سرعات القطع العظيمة — ويشتمل على ثلاثة أو أربعة أنواع لكنه يحتوى عموما على كروم من ٢,٥ إلى ٣,٥ في المائة وتانجستن من ١٤ إلى ١٧ في المائة أو أكثر ويحتوى أحيانا على الفاناديوم ، وتختلف نسب هذه المعادن باختلاف نوع الصلب والغرض المطلوب من أجله . ويستخدم هذا الصلب في صنع أحسن أنواع العدد القاطعة من مثاقيب

وسكاكين الفريزات ومقصات مناشير وأقلام للمخارط والمقاشط وغير ذلك .
وقد سمي بهذا الاسم لكونه يمكن تشغيله بسرعة عظيمة في القطع فيزداد
المحصول الناتج منه .

ويمتاز عن الصلب الكربوني في أمور كثيرة منها :

(١) نشوفته وتماسكه بحيث يمكنه تشكيل المعادن الناشفة بسهولة على
آلات التشكيل .

(٢) مقدرته على إزالة قطع كبيرة وعميقة من المعادن أثناء تشكيلها
دون أن يتلف .

(٣) سرعته العظيمة في القطع بحيث يمكن استخدامه في أحدث آلات
التشكيل السريعة فلا تتلفه السرعة .

(٤) تحمله لدرجات الحرارة العالية دون أن يتلف حده القاطع أو يفقد
قساوته مهما ارتفعت درجة حرارته أثناء العمل .

(٥) طول عمره بالنسبة للأعمال التي يؤديها .

(٦) توفيره للقوة المحركة بالنسبة لكمية المعدن التي يقوم بتشكيلها .

فهذه المزايا مكنت الصلب المذكور من الحلول محل الصلب الكربوني
في أغلب المصانع الكبيرة ذات الإنتاج العظيم ولحد ما في الورش الصغيرة
لأداء أعمال معينة . لكن نظرا لارتفاع ثمنه كثيرا عن الصلب الكربوني
فليس من الاقتصاد في شيء استخدامه بصفه عامة في الورش الصغيرة ذات
الإنتاج المحدود ، ولا استخدامه في الأعمال العادية التي لا تتطلب سرعة
في الأداء ، كذلك لا داعي لاستخدامه مطلقا في المشغولات التي لا ترتفع
درجة حرارتها كثيرا أثناء تشكيلها ، ولا في صنع الأجندات ولا غيرها من العدد

المعرضة لصدمات متتابعة ، لأن كثافته الشديدة تجعله معرضا للكسر من تتالى الصدمات عليه وربما تتطاير أجزاؤه بشدة فتحدث إصابات خطيرة للعمال المشتغلين به . ويستثنى من ذلك فقط الأجناد التى تشتغل بالهواء المضغوط .

ويمكن تمييز هذا الصلب من الصلب الكربونى بوضعهما على حجر الجبلخ وهما ناشفات ، فالأخير عند ملامسته لحجر الجبلخ يتطاير منه شرر وضاء مستمر بينما النوع الحيد من الأول لا يخرج منه شرر بالكلية ، وكلما قلت جودة نوعه يزداد الشرر المتطاير منه ، لكنه لا يبلغ قط مبلغ الصلب الكربونى .

أما العمليات الحرارية التى تجرى على هذا الصلب فبسيطة إذا روعى فى أدائها قليل من العناية ، وإلا فالنتيجة المحققة هى التلف التام . وتلافيا لذلك تصدر مصانع هذا الصلب نشرات وافية بالتعليمات الواجب اتباعها فى العمليات الحرارية . وقد راجعنا بعض هذه النشرات كما استأنسنا برأى عدد غير قليل من مهرة الحدادين فى الورش المصرية فوجدنا أنه يمكن وضع القواعد العامة الآتية :

(١) يسخن الصلب أولا على النار قبل وضعه فيها ثم ترفع حرارته بعد ذلك تدريجيا للدرجة المطلوبة . والسبب فى ذلك يرجع إلى أن هذا الصلب شديد الكثافة فتستغرق الحرارة وقتا طويلا حتى تسرى إلى جوفه ، فاذا وضع فى النار دفعة واحدة وهو بارد فإن سطحه الخارجى يتمدد أكثر من قلبه ويترتب على ذلك حصول تشقق فى سطحه أو عيوب فى جوفه قد لا ترى بالعين لكنها تسبب انكسار الصلب عند استعماله .

(ب) لتشكيل أية عدة من هذا الصلب يسخن الصلب ببطء فى الأفران أو الأكوار حتى يصبح لونه برتقاليا (من ٩٨٠° — ١٠٥٠°)

مئوية وفي بعض الحالات ليمونيا (١١٠٠°) مئوية تبعا لجودة الصلب وللشغولات المطلوب صنعها منه ، وبعدها يطرق بالمطارق اليدوية أو الآلية للشكل المطلوب بحيث يوقف الطرق إذا نزلت الحرارة إلى درجة الاحمرار (٨٥٠°) مئوية ، وعند انتهاء الطرق تترك العدة في الهواء الساكن الخالي من التيارات ، أو تدفن في الجير أو الرمل حتى تبرد ببطء فتخمر ، وعندها يكمل تشكيلها على حجر جلع جاف أو حجر سن مياه وأحيانا بالمبرد . ويستحسن بعض المصانع إعادة تسخين العدة بعد طرقها وقبل تخميرها لإزالة الجهود الموضعية الناتجة من عملية الطرق .

(>) العدد التي تصنع عادة بواسطة الحداد كأقلام الخارط والمقاشط وبعض أنواع المناقب وما شاكلها تقسى بالطريقة الآتية :

بعد تشكيل العدة بالطريقة المينة في (ب) يوضع حدها القاطع في نار الكير ويسخن ببطء وانتظام حتى درجة الاحمرار (من ٨٥٠° — ٩٥٠°) مئوية تبعا لنوع العدة وجودة الصاب ، ثم يسخن بعد ذلك بسرعة إلى درجة الحرارة البيضاء (١٣٠٠°) مئوية^(١) وبعد ذلك ترفع العدة من النار وتبرد بتعريضها لتيار من الهواء البارد فتقسو .

وتيار الهواء اللازم للتقسية يولد عادة بواسطة مراوح يختلف ضغطها من ٣ إلى ٤ أرطال على البوصة المربعة ، ولها بوري (بوق) أوسع قليلا من قطر العدة المطلوب تقسيته ، فتمسك العدة أمام هذا البوري بحيث يكون حدها القاطع مواجهها له أثناء مرور التيار . وفي بعض الورش المصرية يكتفى بالتيار المتولد من

(١) من الصعب على الحداد أن يراقب المعدن في هذه الدرجة بالعين المجردة لأن هذا يضر بنظره ولذلك يحسن أن يلبس نظارات سوداء وأن يستعمل سيخا يقلب به البار ويزيلها عن الحد القاطع للعدة من وقت لآخر فإذا ما وصلت الحرارة للدرجة البيضاء يرفع العدة من النار .

مراوح الأكوار فتوضع العدة أمام ودنة الكير بعد إزالة الفحم منه ويفتح باب الهواء قليلا فيخرج تيار منه على العدة فيقسيها .

وأمثال هذه العدد لا يحتاج الى مراجعة التقسية لأن وحدها كافية لإعطاء العدة درجة التساوة المطلوبة .

ويكون تيار الهواء اللازم للتقسية جافا على قدر الإمكان لأن وجود رطوبة به قد تحدث تشققا في سطح العدة المقساء فينقص من قوتها أثناء العمل . وحيث ان بعض العدد يلزم أن يكون سليما من جميع العيوب لاسيما العدد التي تتركب على الآلات المشتغلة بالهواء المضغوط فأمثال هذه العدد تقسى عادة بغمرها في الزيت بدلا من تعريضها لتيار هواء .

واستعمال تيار الهواء بدلا من الماء في تقسية صلب السرعات العظيمة كان سببا في إعطاء هذا الصلب أسماء منها :

(١) الصلب ذو التقسية الذاتية .

(٢) صلب الهواء .

والاسم الأخير هو الذي يعرف به هذا الصلب في الورش المصرية .

(د) العدد التي تصنع في المصانع بطرق خاصة وبكميات وافرة مثل سكاكين الفريزة والمثاقيب الأمريكاني والبراغل وذكور القلاووظ وماشاكلها تقسى بالطريقة الآتية :

بعد تشكيل العدة وإعطائها الشكل النهائي توضع في أفران خاصة للتسخين مجهزة ببيرومترات لقراءة درجة الحرارة ، وبكل فرن منطقتان إحداها للحرارة المنخفضة والأخرى للحرارة المرتفعة . فتوضع العدة أولا في منطقة الحرارة المنخفضة وتسخن ببطء

وانتظام الى درجة (٨٥٠ °) مئوية ثم تنتقل بسرعة الى منطقة الحرارة المرتفعة التي تبلغ درجة حرارتها من (١٢٥٠ ° — ١٤٠٠ °) مئوية تبعا لنوع العدة ودرجة الصلب ، وترك فيها من دقيقة الى دقيقتين أو أكثر قليلا وبعد ذلك تستخرج من الفرن وتبرد بتعريضها لتيار من الهواء او بغمرها في زيت من نوع جيد فتقسو .

وهذه العدد تحتاج بعد تقسيتها إلى إجراء المراجعة عليها ، ولكل عدة طريقة مراجعة خاصة بها ، فسكاكين الفريزة مثلا توضع بعد تقسيتها في حوض يسمى حمام المراجعة درجة حرارته نحو ٢١٠ ° مئوية فتترك السكين في الحوض من ٥ — ١٥ دقيقة تبعا لحجمها ثم تسحب منه وتوضع فوق رمل جاف أو نشارة حتى تبرد . أما المشايخ الأمريكاني والبراغل وذكور القلاووظ فتقسي غالبا بالزيت ثم يعاد تسخينها بعد التقسية إلى ٢٣٠ ° مئوية ثم تترك لتبرد في الهواء الساكن الخالي من التيارات .

وهذا الصلب يتطلب عناية كبيرة جدا في تخميره ، والطريقة المثلى لذلك هي طريقة التخمير بالأفران المستورة السابق شرحها في الصلب الكربوني ، فقط يراعى أن يكون التسخين إلى درجة حرارة أعلى ، فتوضع القطع المطلوب تخميرها في صندوق ثم يحى عليه داخل الفرن ببطء حتى تصل حرارته إلى درجة (٨٥٠ °) مئوية ، ويترك على هذه الدرجة نحو أربع ساعات وبعدها تُطفأ النار من الفرن وتترك لتبرد والصندوق داخلها فتتخمّر محتوياته . لكن طريقة التخمير بالأفران المستورة لا يتيسر استعمالها في الورش الصغيرة التي قد تحتاج من وقت لآخر لأن تصنع بنفسها بعض العدد اللازمة لها من هذا الصلب . فتذليل هذه العقبة يباع الصلب اللازم لصنع هذه العدد مخمرا جاهزا في السوق على شكل أسياخ مستديرة أو على شكل قرص حتى يمكن صنع العدد منه مباشرة على آلات التشكيل دون أن يمر بأكوار الحدادة .

أما الصلب الذى يكون على شكل أسياخ مستطيلة القطاع أو مربعة القطاع والذى يصنع منه غالبا أقلام المحارط والمقاشط فانه يباع أحيانا ناشفا لأن العدد التى تصنع منه لا بد من تخليقها على أكوار الحدادة بالطريقة السابق شرحها فى "ب" فتتخمر أثناء ذلك .

(٥) صلب السبائك الخاصصى للأقلام — هذا الصلب وسط فى خصائصه بين صلب سرعات القطع العظيمة والصلب الكربونى الناشف . ويشترك مع الأول فى بعض مزاياه ومع الثانى فى رخص الثمن وإن كان يزيد عنه قليلا . وهو يستعمل فى صنع جميع العدد القاطعة المتوسطة الثمن والمتوسطة الإنتاج ، ويدخل فى تركيبه بعض المعادن السابق ذكرها كالتنجستن وخلافه إنما بنسب قليلة ، وهو يقسى بغمره فى الماء أو الزيت .

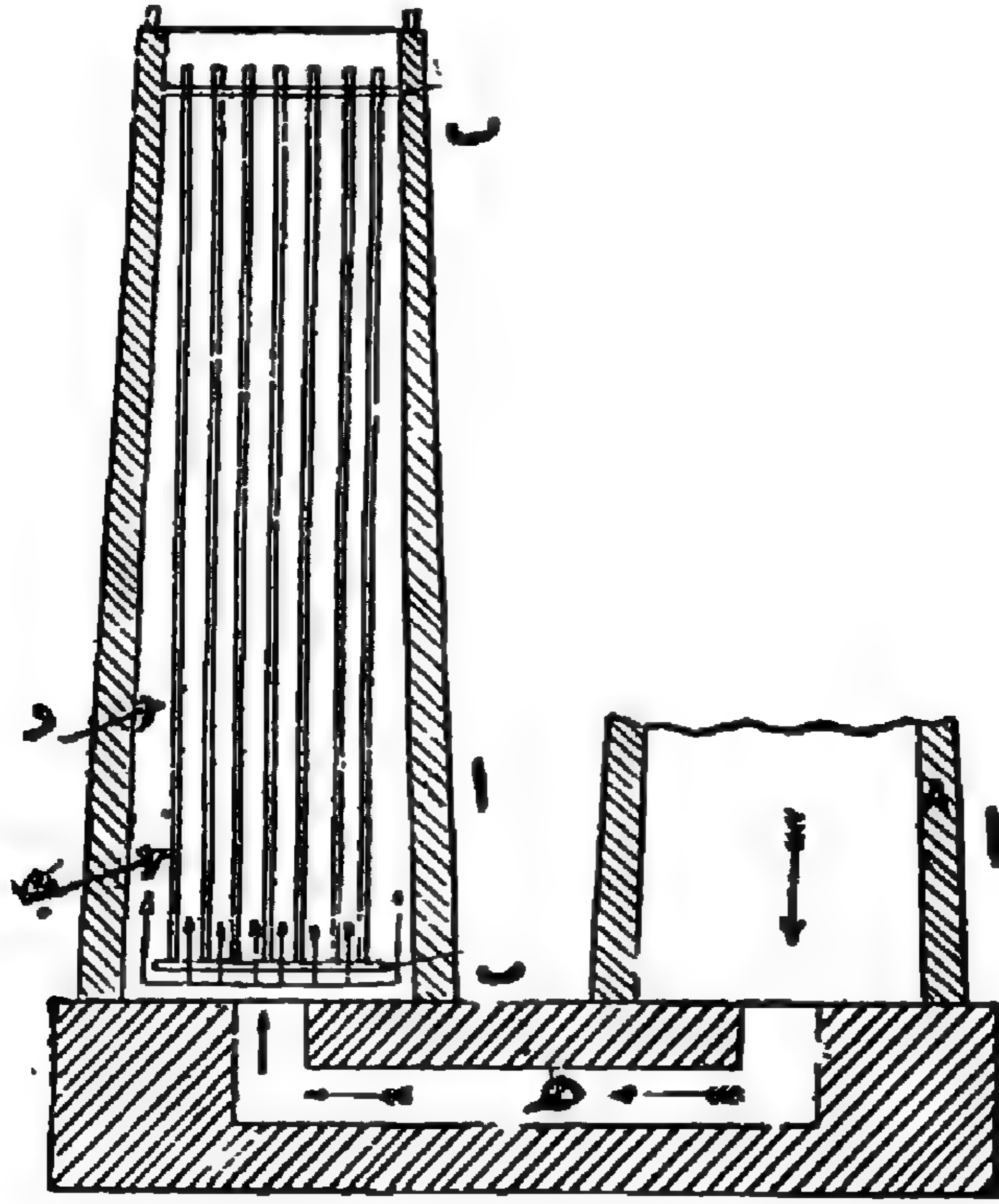
هذا مجمل موجز عن الأنواع المشهورة من صلب السائك فى الوقت الحاضر ويجدر بنا أن ننوه هنا أن المصانع لا تزال دائبة مجدة فى مباحثها لتحسين هذه الأنواع أو لإيجاد أنواع جديدة . وعلى ذلك فهناك أمل قوى بأنه لن يمضى وقت طويل حتى تظهر أنواع جديدة تفوق الأنواع السابقة فى خصائصها وفى مجالات استخدامها ودرجة الاستيثاق منها .

نوعان آخران من الصلب — قبل أن نختم هذا الفصل يحسن بنا أن نعطف بكلمة موجزة على نوعين آخرين من الصلب لهما مزايا عظيمة وهذان النوعان هما :

(الأول) الصلب الحديدى ذو الألياف — وهو عبارة عن خليط من الصلب الكربونى الطرى والحديد الخام ويعرف لدى المهندسين الانجليز

بالاسم السابق أو باسم (Compound iron & Steel) ويختصر بلفظة (Compo) ويصنع بالطريقة الآتية :

يوضع رأسيا في قالب صلب أسياخ عدة من الحديد الخام تثبت من أعلاها وأسفلها بقرصتين "ب" إحداها موضوعة في النهاية العليا للقالب والأخرى في نهايته السفلى . ثم يصب الصلب الطرى المصهور في القالب بالطريقة المبينة في شكل (٥٧) وهذا الشكل يبين قالبين "أ" أحدهما



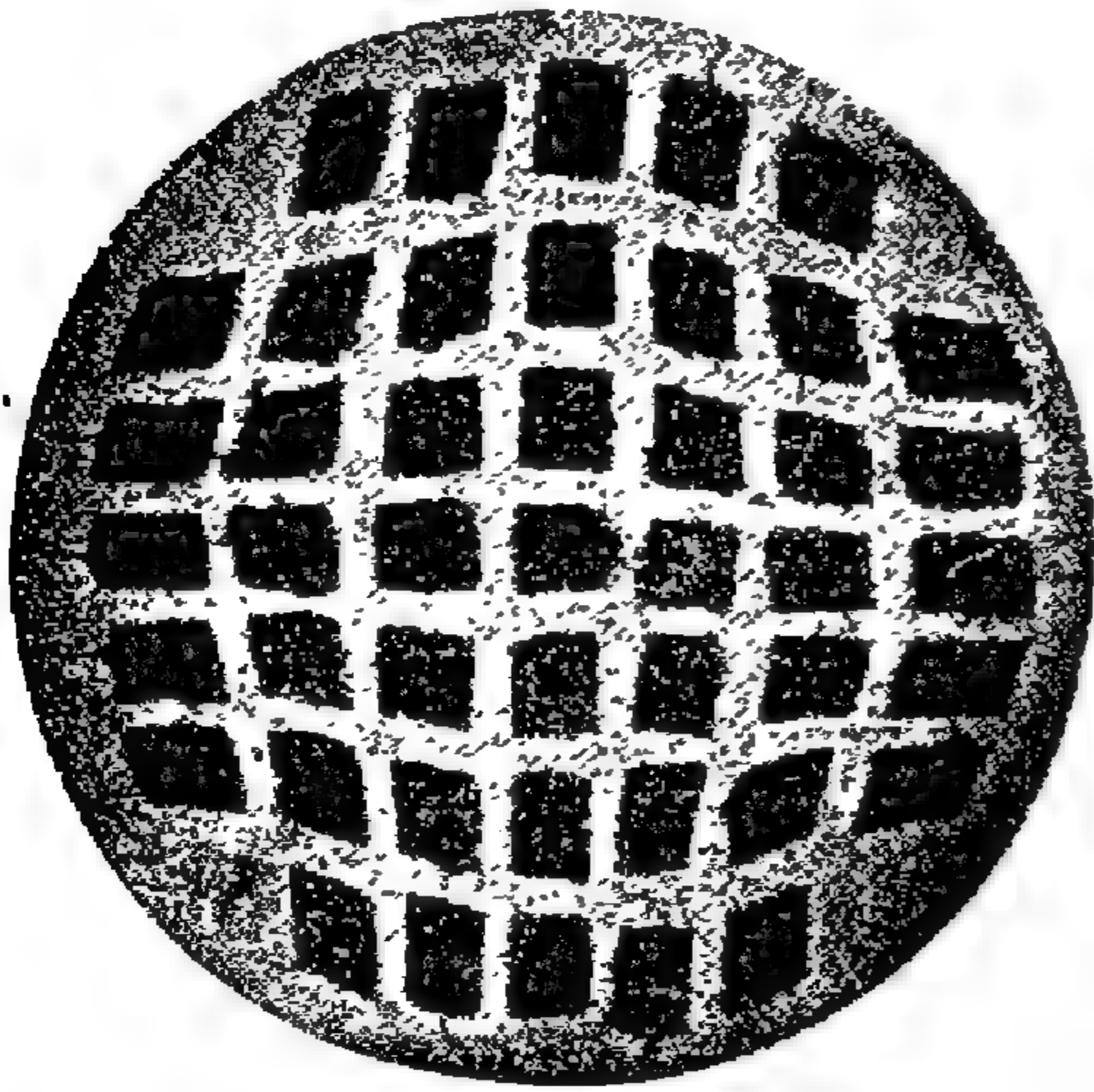
(شكل ٥٧)

توضع فيه الأسياخ والثاني يصب منه الصلب المصهور فينفذ منه إلى أسفل القالب الأول عن طريق قناة "هـ" مبنية بالطوب الحرارى . أما "ب" فهي القرصتان ، والسفلى منهما تحتوى على ثقوب أكثر من عدد الأسياخ ليتيسر للصلب المصهور أن ينفذ منها صعودا إلى النهاية العليا للقالب "ج" الأسياخ "د" المسافات الواقعة بين الأسياخ والتي تملأ بالصلب المصهور.

والأسهم المبيتة بالشكل توضع سير الصلب المصهور عند مروره من أحد القالبين إلى الآخر .

وتوضع الأسياخ في القالب وهي باردة فإذا ماصب الصلب المصهور وصر حولها فإنه يسخنها ويمتزج بها امتزاجا تاما، فيصبح الجميع كتلة واحدة متجانسة ولو أن كلا من الصلب والحديد الخام يحتفظ بخصائصه دون أن يفقدها في الآخر .

ويستخدم هذا الصلب بدلا من أحسن أنواع الحديد الخام لأنه يجمع إلى تماسك الصلب مقاومة الحديد الخام ذى الألياف للثني والالتواء . ويستخدم على الأخص في صنع المشغولات المعرضة للاهتزازات الشديدة وللصددمات القوية ، كاذرعة التوصيل في المحركات وخطاطيف عربات السكك الحديدية ، والأذرعة الجانبية للقاطرات ودناجل العربات والجنائزير (السلاسل) المختلفة المستعملة في الأوناش وغيرها ، ومسامير رباط آلات تكسير الزلط ومسامير رباط اسطوانات المحركات الخ .



(شكل ٥٨)

وشكل (٥٨) يبين قطاعا لهذا الصلب تظهر فيه أسياخ الحديد الخام واضحة من خلال كتلة الصلب الطرى .

(الثنائى) صلب الخزن الحديدية :

وهو خليط من الصلب الطرى الكربونى والصلب الناشف الكربونى ، وطريقة صنعه كالأول تماما ، فقط تستبدل فيه أسياخ الحديد الخام بأسياخ

من الصلب الناشف. والكحل الناتجة يعاد تسخينها بعد إخراجها من القوالب ثم تحول إلى ألواح بامرارها في آلات الجللخ. وهذه الألواح تستخدم في صنع الخزن الحديدية المألوفة لدينا والمستعملة بكثرة في المصارف والمنازل لحفظ المجوهرات والأشياء ذات القيمة.

والسبب في استخدام هذا النوع في صنع الخزن هو أن الألواح المصنوعة منه إذا قسيت لا يمكن لأى مثقاب أن ينفذ من خلال أسياخها الصلبة، خصوصا أن هذه الأسياخ توضع متجاورة بحيث تلتصق بعضها ببعض عند إمرارها تحت آلات الجللخ فتكون طبقات متجاورة من الصلب الناشف. أما الصلب الطرى فانه يساعد على تماسك هذه الأسياخ بعضها ببعض بحيث يتعذر كسرها بالمطارق. كما أنه من ناحية أخرى يعرقل سير المثاقيب أثناء محاولة السطو على الخزن لأن المثاقيب إن نفذت من إحدى طبقات الصلب الناشف تمر بسرعة خلال الصلب الطرى فتصطدم بالطبقة التالية من الصلب الناشف فتتشقق وتتلف، وعلى ذلك فهذا النوع من الصلب هو أحسن ضمان ضد سطو لصوص الخزانات.

وشكل (٥٩) يبين قطاعا لنوع من ألواح هذا الصلب مكون من أربع طبقات، وألواح هذا الصلب تورده عادة من مصانعها وهى طرية حتى يمكن إجراء اللازم عليها من قطع وتشكيل وتخريم بسهولة في مصانع الخزن لكن يلزم تقسيته قبل تركيبها نهائيا في الخزن.



(شكل ٥٩)

الفصل الثالث عشر

النحاس

النحاس من أقدم المعادن التي عرفها الإنسان ، كذلك مركباته . وقد استخدمه الفينيقيون وقدماء المصريين منذ آلاف من السنين في كثير من الأغراض الصناعية والزخرفية . وهو عنصر معدني ذو لون أحمر ابيض (وردي) ولهذا السبب عرف في مصر باسم ”النحاس الأحمر“ . وهو أقل من الحديد صلابة وقوة في التماسك وقابلية للسحب ، لكنه أكثر منه قابلية للطرق . يمتاز وهو نقي بعظم مقاومته للثني والالتواء ، ويجودة توصيله للحرارة والكهرباء . فاذا ما اختلطت به مواد أخرى فان جودة توصيله تنقص بدرجة تتناسب مع كمية هذه المواد . وإن اختلطت به كميات ولو قليلة جدا من الزرنيخ أو الكبريت أو الأنتيمون أو البزموت فان قوة تماسكه وقابليته للسحب وقابليته للطرق تتأثر كثيرا ، أما اذا اختلط به القصدير أو النيكل أو الكوبلت أو الحديد — وهي العناصر التي كثيرا ما توجد في النحاس التجاري — فان قوة تماسكه لا تتأثر إلا أن لونه يصبح فاتحا .

والنحاس لا يتأثر قط عند تعريضه لجو خال من غاز ثاني أوكسيد الكربون أو الغازات الحامضية سواء أكان هذا الجو جافا أم رطبا ، لكن ان عرض لجو محتو على هذه الغازات تعلوه طبقة من أملاح النحاس وتلك الأملاح تزيد في مناعة النحاس من التأثيرات الجوية ، ويتأثر أيضا من الحوامض النباتية فإن لامسه الخل تتولد منه خلايا النحاس . وأملاح

النحاس كلها سامة لذلك يلزم طلاء الأواني والأوعية المصنوعة منه بمعدن آخر كالقصدير إذا استعملت لحفظ الماء كولات والمشروبات خوفاً من أن تتحول إلى مادة سامة .

وإذا سخن النحاس في الهواء تتابع عليه أثناء تسخينه سلسلة من من الأوكسيدات (الصدأ) ذات ألوان مختلفة ، فإذا ما وصلت حرارته إلى الدرجة الحمراء تتكون عليه قشرة من صدأ ذات لون أسود ، تسقط عنه عند ما يبرد فجأة . وإذا سخن لدرجة حرارة مرتفعة ثم بُرد فجأة بغمره في الماء يصبح لدينا وعندها يمكن تطريقه بسهولة وعلى هذا أسست طريقة صنع الأواني النحاسية .

ويتحد النحاس مع الأوكسجين مكوناً أوكسجين (نح ١) و (نح ٢) والثاني منهما يذوب في النحاس المنصهر فيفقد مقاومته للثني والالتواء ، ويجعله هشاً ناشفاً . ويمكن علاج هذا العيب فيه بتغطيته بفحم الاتراسيت أو الفحم الحجري أو بتحريكه بساق من خشب الحور أو الأرو ، فيتحد كربون الخشب أو الفحم مع أوكسجين الصدأ ويبقى النحاس نقياً ، فيستعيد خاصية مقاومته وتزول عنه الهشاشة والنشوفة . ويجب ألا يغالى في التقليب بالخشب أو زيادة الفحم لأن النحاس بعد أن يتخلص من الأوكسجين يبدأ في امتصاص الكربون منها فيصبح هشاً . والنحاس أشد شراهة للكبريت من الحديد لكنه أقل منه شراهة للأوكسجين . ويستفاد من هذه الخاصية في عمليات إستخلاصه من غفله .

ويستخدم النحاس في أغراض صناعية عدة تبعاً لخصائصه . لجودة توصيله مع اعتدال ثمنه تجعله أصلاً ما يكون لصنع أسلاك الكهرباء . وقلة تأثيره بالهواء تجعله ملائماً لصنع الأواني المنزلية وبعض أجزاء أفران

المراجل البخارية كما أن قابليته للاختلاط مع المعادن الأخرى سهلت صنع سبائك معدنية عدة منه تصلح لكثير من الأغراض الصناعية والزخرفية والميكانيكية .

النحاس البكر — ما يوجد من النحاس ك معدن بكر في الطبيعة قليل ، ويكون في الغالب مختلطاً بالنحاس الغفل أو ببعض الأخطاط الأرضية من صخور وغيرها . وفي هذه الحالة إما أن يكون على شكل كتل كبيرة وإما على شكل فروع شجرية وعروق شبكية ، وهو الغالب ، وإما على شكل حبيبات صغيرة موزعة بين الصخور . ويستخلص النحاس البكر من أخلاطه بعمليات تجهيزية بسيطة يعقبها الصهر والتكرير . ووجود النحاس على حاله البكر من أكبر الأسباب التي سهلت للقضاء استخدامه في أغراضهم المختلفة . ويوجد النحاس البكر في منطقة البحيرات العليا بأمريكا الشمالية وفي جبال الأورال وبلاد الصين واليابان .

النحاس الغفل — يوجد في كثير من ممالك أوروبا وفي سيبيريا والولايات المتحدة وكندا وأستراليا وإفريقية الجنوبية على هيئة مركبات معدنية متعددة أهمها كبريتيد النحاس وأوكسيده و كربوناته . وتكون هذه المركبات مختلطة في الغالب بعناصر أخرى كالحديد ، والأنتيمون ، والسليكون والكربون ، والزنك والزنك والفضة والذهب .

وأهم أنواع الأوكسيدات هي :

(١) أوكسيد النحاس (الكيوبريت) — وتركيبه الكيميائي (نح_٢ أ) ويوجد على شكل بلورات كبيرة الحجم حمراء اللون . ويحتوى في أجود أنواعه على نحو ٨٩ في المائة من عنصر النحاس .

(٢) أوكسيد النحاس الأسود (تينوريت) — وتركيبه الكيميائى (نخ ١)
ولونه أسود ، ويوجد فى الغالب بحالة نقية .

وأهم أنواع كربونات النحاس هى :

(١) النحاس الغفل الأزرق (المالاشيت الأزرق) — وتركيبه الكيميائى
(٢ نخ ك ١ . نخ يد ١) أى كربونات النحاس القاعدية . لونه أزرق قاتم
وكثيرا ما يوجد مختلطا بالنحاس الغفل الأخضر ويحتوى على حوالى ٥٥
فى المائة من عنصر النحاس .

(٢) النحاس الغفل الأخضر (المالاشيت الأخضر) — وهو أيضا
كربونات نحاس قاعدية تركيبه الكيميائى (نخ ك ١ . نخ يد ١) ، ويحتوى
نحو ٥٨ فى المائة من عنصر النحاس . لونه أخضر زمردى فى العادة ،
لكنه كثيرا ما يكون مرقشا ولجمال لونه يستخدم كما هو فى الأغراض
الزخرفية .

وأهم أنواع الكبريتيد هى :

(١) النحاس الغفل الأبيض (الردروتيت) — وتركيبه الكيميائى (نخ ٢ كب)
ولونه أبيض شبه معدنى ، يمكن خدشه بسكينة بسهولة ويحتوى على نحو
٨٠ فى المائة من عنصر النحاس .

(٢) اليريطيس — وتركيبه الكيميائى (نخ ٢ كب . ح ٢ كب ٢) . لونه
أصفر ذهبي ويمكن خدشه بسكينة . يحتوى فى أنقى أنواعه على ٣٤,٦
فى المائة من عنصر النحاس و ٣٠,٥ فى المائة من عنصر الحديد ، ٣٤,٩
فى المائة من الكبريت .

لكن أغلب أنواعه العادية تكثر فيها نسبة الحديد فلا تحتوى على أكثر من ١٢ فى المائة من النحاس وأحيانا أقل. وهو أهم معدن غفل لإستخلاص النحاس فى إنجلترا .

(٣) الأريوبيسيت — ويسمى أيضا ”لحم الخيل“ بالنسبة للونه الذى يختلف من أحمر نحاسى الى بنى فاتح مشوبا بقليل من الزرقة . تركيبه الكيميائى (٣ نح ٢ كب . ٢ خ ٢ كب ٣) أى أنه يتركب من نحاس وحديد وكبريت ويحتوى على نحو ٦٢ فى المائة من النحاس .

ويوجد خلاف ما ذكر أنواع أخرى من النحاس الغفل منها سليكات النحاس المائية وتحتوى على نحو ٣٠ فى المائة من النحاس . ومن هذه الأنواع ما يحتوى على فضة وذهب وزئبق الخ .

تجهيز النحاس الغفل — يمر النحاس الغفل قبل إستخلاصه بعمليات تحضيريه منها الغسيل فى تيار من المياه الجارية لإزالة الرمل والطفل وغيرهما من المواد الأرضية العالقة به ، ومنها التكسير والطحن لسهولة تمييزه وصهره .

استخلاص النحاس من غفله — لما كانت أنواع النحاس الغفل تختلف اختلافا بينا فى تركيبها فان طرائق استخلاص النحاس منها تتوقف على نوع المعدن الغفل من حيث تركيبه ووجوده بمفرده أم مختلطا مع أنواع أخرى من مركبات النحاس . فإن كان النحاس الغفل على هيئة أوكسيد أو كربونات مثلا فان إستخلاص النحاس منه يتم بغاية السهولة بواسطة الإختزال . أما إن كان محتويا على الكبريت فان إستخلاص النحاس منه يتطلب عمليات شاقة متعددة لاسيما أن أغلب النحاس الكبريتى يكون مشتملا على الحديد . والكبريت أكثر شراهة للنحاس منه للحديد .

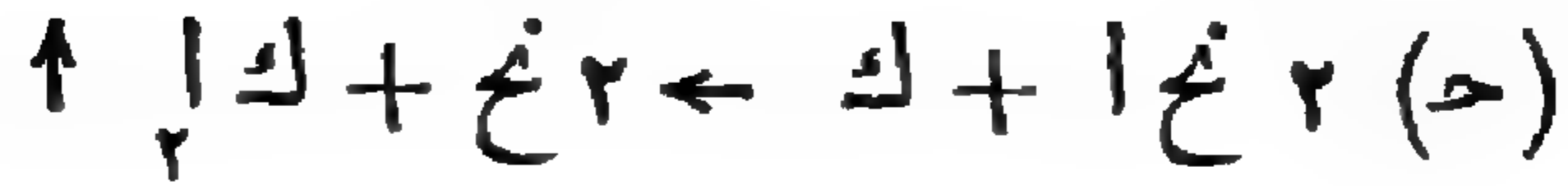
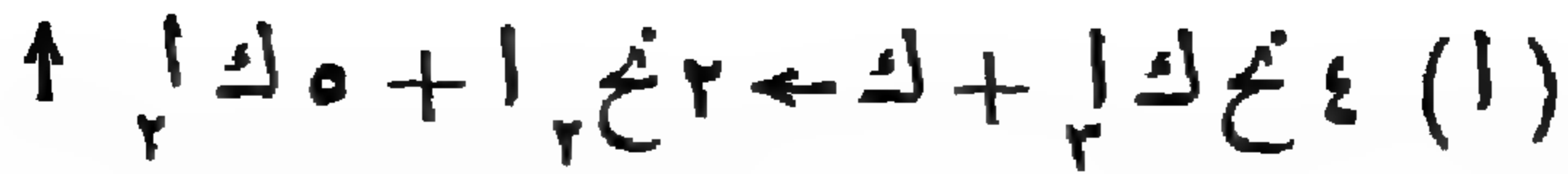
وفي كثير من الحالات يكون المعدن الغفل خليطا من الأوكسيد والكبريتيد وتُدعو الضرورة لمعالجة الاثنين معا لإستخلاص النحاس منهما ، فتكون عملية الإستخلاص طويلة معقدة كما هو الحال في البلاد الانجليزية ، إذ النحاس الغفل الموجود بها أغلبه كبريتيد مختلط بقليل من الأوكسيد . وتمنع الإعتبارات الاقتصادية من وجهة التكاليف فصل الأوكسيد على حدة لاستخلاص النحاس منه . وعلى ذلك يستلزم الأمر معالجة الاثنين معا في عملية الإستخلاص .

وفيما يلي بيان بأهم الطرائق المستخدمة في إستخلاص النحاس :

طريقة الاختزال — تستخدم في إستخلاص النحاس من غفله إن كان الغفل على هيئة أوكسيد أو كربونات . والفرن الذي يستخدم غالبا في هذه الطريقة هو من نوع الأفران العالية ، وذو قميص مائي ان كبرت كمية النحاس الغفل المطلوب معالجتها . فيوضع النحاس الغفل في الفرن ومعه قليل من الفحم الكوك ومادة مساعدة للصهر كأوكسيد الحديد ، ثم يضاف الى الشحنة قليل من بيريطيس الحديد .

وتبدأ عملية الصهر فيتركز بعض النحاس الغفل ويكون ركازا ويتحول البعض الآخر الى نحاس حر . أما الخبث فانه يطفو على سطح المعدن المنصهر .

ويتلخص التفاعل الكيميائي داخل الفرن في تحول كربونات النحاس أولا الى أوكسيد النحاس بفعل الحرارة ثم يختزل الفحم الأوكسيد فيترك النحاس حرا كما هو مبين بالمعادلات الآتية :



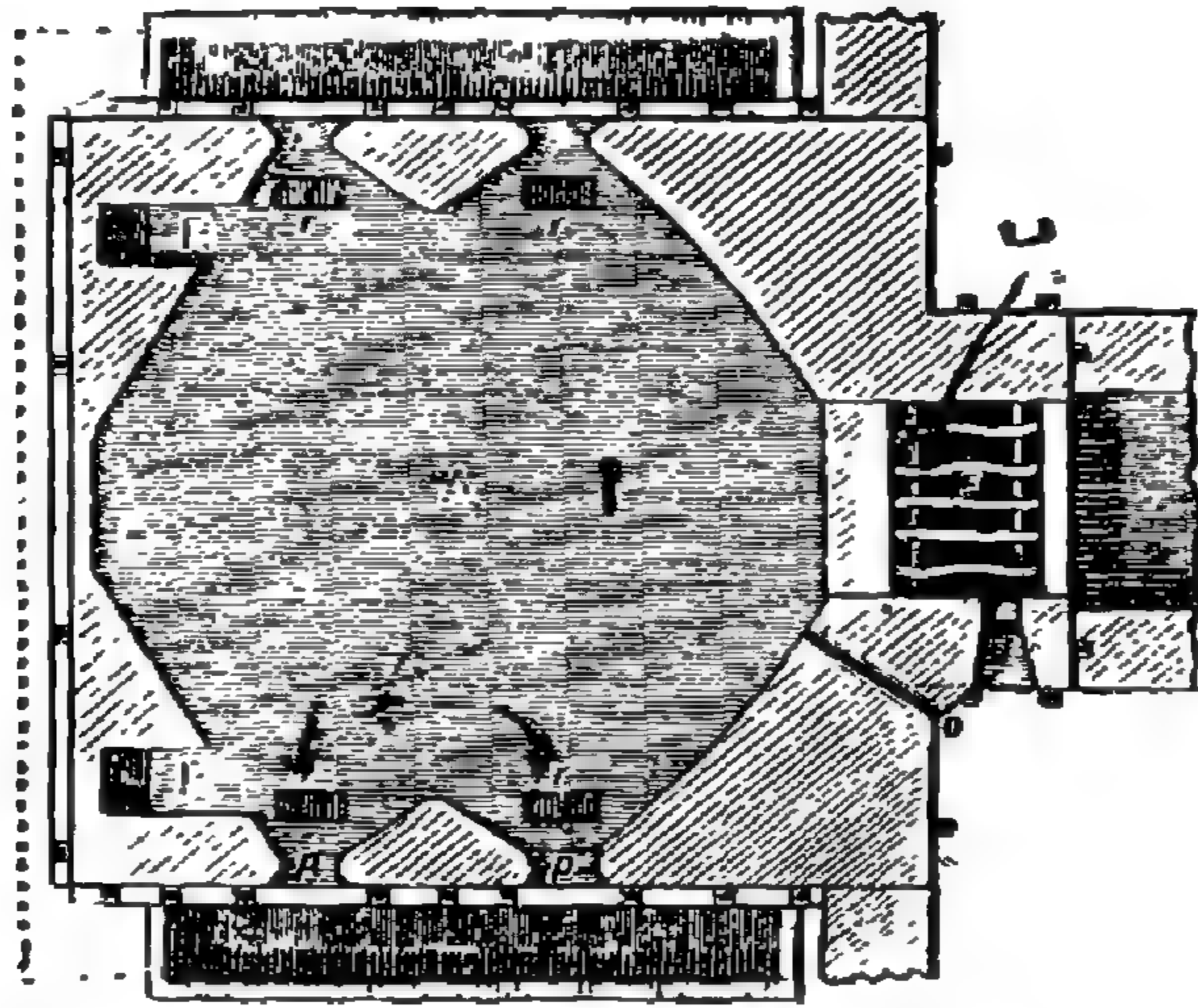
طريقة التفاعل — تستخدم في إستخلاص النحاس من غفله إن كان على هيئة كبريتيد . وجميع أنواع الكبريتيد — ماعدا النحاس الغفل الأبيض — لا تحتوى عادة على كميات كافية من معدن النحاس تبرر إستخلاصه منها بالطرق المباشرة ، لذلك تجرى عليها عادة عدة عمليات كلها تفاعلات كيميائية الغرض منها تحويل المعدن إلى ركاز . وأغلب هذه العمليات هي عمليات تكليس تتخللها من وقت لآخر عمليات صهر في جو مختل . ففي عمليات التكليس يتأكسد الكبريت والزرنيخ ويتصاعدان على صورة ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد الزرنيخ ، وكذلك يتأكسد الحديد والنحاس جزئيا . وفي عمليات الصهر التي تعقبها يتفاعل أكسيد النحاس مع المتبقى من كبريتيد الحديد فينتج كبريتيد النحاس وأكسيد الحديد . ويزال خلال عمليات الصهر كثير من الأخطا ، كما أن أكسيد الحديد يتحد مع السليكا الموجودة في المعدن الغفل وفي بطانة أفران الصهر ويحول إلى خبث . وبتكرار المعالجة بهذه العمليات يمكن التخلص من جميع الحديد ، ويتبقى بعد ذلك ركاز غني بالنحاس يمكن إستخلاص النحاس منه بالتكليس والصهر والتكرير . وهذه الطريقة مستعملة بكثرة في بلاد الغال بإنجلترا حتى أصبح يطلق عليها اسم الغالية وبيانها تفصيليا كما يأتي :

الطريقة الغالية — يتوافر النحاس الغفل بكثرة في مقاطعة الغال بإنجلترا على هيئة يريطيس محتو على ٩ — ١٣ في المائة من عنصر النحاس ، وعلى

نسبة أكثر من اللازم من بيريطيس الحديد ومن السليكا . وعملية إستخلاص النحاس من هذا البيريطيس تشمل ستة أدوار وقد تزيد هذه الأدوار عن ذلك بالنسبة لكمية الكبريت الموجودة في المعدن الغفل . كما أن بعض الأدوار قد يتكرر أحيانا .

وبإن هذه الأدوار كما يأتي :

(الدور الأول) دور تكليس المعدن الغفل — ويجرى في فرن من النوع العاكس ذي طبقتين : الطبقة العليا — ومبين قطاعها في شكل (٦٠) —



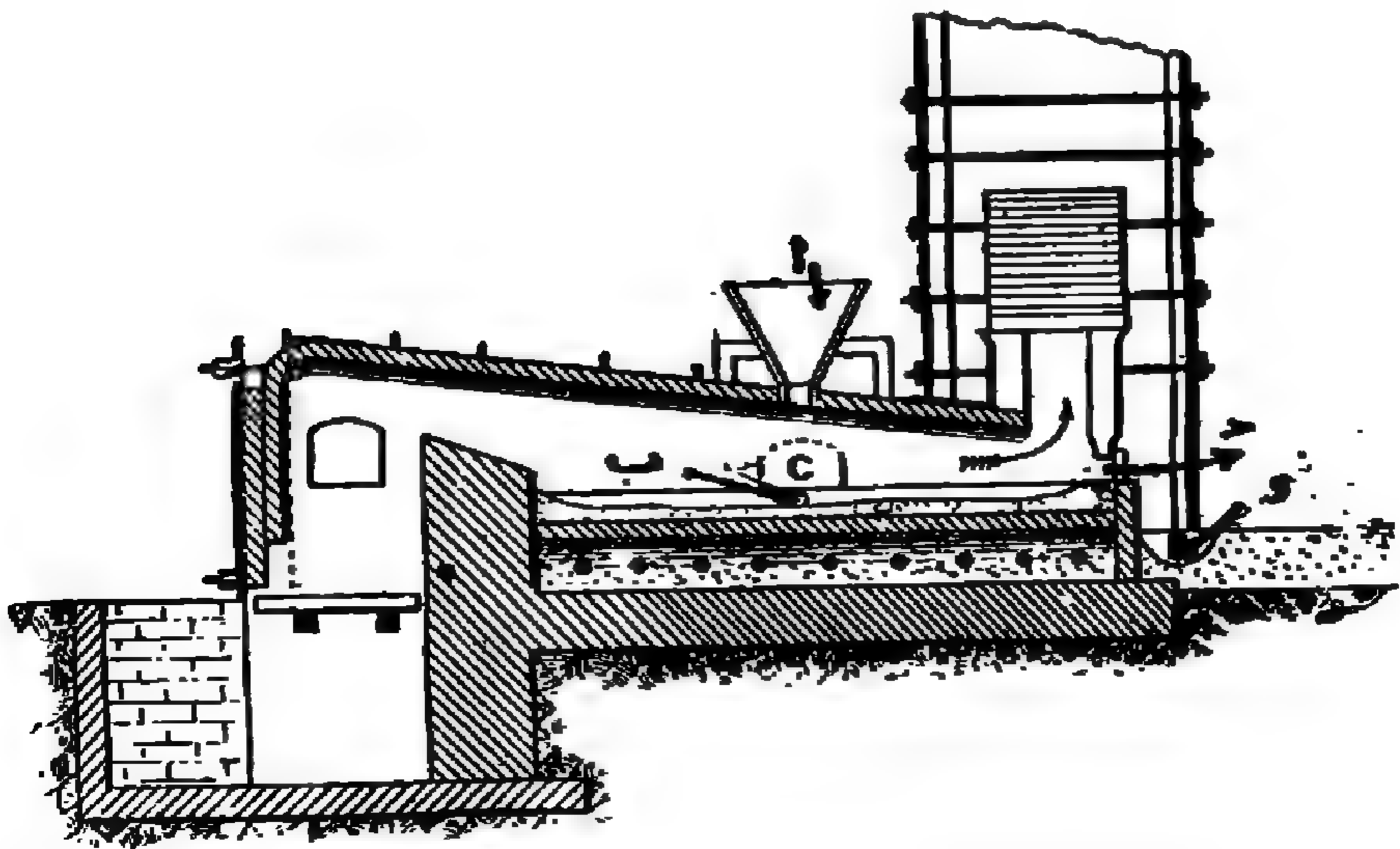
شكل (٦٠ — قطاع أفقي للطبقة العليا للفرن)

تتألف من مرقد للمعدن (١) بجواره بيت للنار (ب) يوضع فيه الوقود ويغذى الفرن بالمعدن الغفل من قادوس في سقفه فيسقط المعدن الى فرش المرقد حيث يقلب من وقت لآخر . ويشعل الوقود بتأثير الهواء الجوى وتكون درجة الحرارة الناتجة منخفضة وعند مرور الغازات الناتجة من الاشتعال على المعدن الغفل يتأكسد نحو نصف الكبريت الموجود فيه .

ويتحول الى ثاني وثالث أوكسيد الكبريت ، ويتأكسد بعض الزرنيخ .
فتصاعد هذه الأكاسيد وتخرج من الفرن مع الغازات الناتجة من الاشتعال .
ويقلب المعدن الغفل من وقت لا آخر حتى يتم تكليسها جميعه .

أما الطبقة السفلى للفرن فتكون من قبو متصل بالهواء الجوى بواسطة
قناة فعند تمام تكليس المعدن يحرف الى القبو من الفتحات (ح) في المرقد
فيتصل بالهواء داخل القبو ويبرد . وتبلغ شحنة الفرن الواحد من هذا النوع
نحو ثلاثة أطنان ، ويستغرق تكليسها نحو ٢٤ ساعة . ومقاس فرش المرقد
١٦ × ١٤ قدما ومساحة بيت النار ٤ × ٣ قدما .

(الدور الثاني) دور صهر المعدن المكلس — يخلط المعدن المكلس
بمعدن غفل أوكسيدى وبجفت النحاس ، ويوضع الجميع في فرن من النوع
العاكس مبين قطاعه الرأسى في شكل (٦١) . ويختلف هذا الفرن عن
الفرن المستخدم في الدور الأول باتساع بيت النار فيه حتى يمكنه توليد حرارة
شديدة تساعد على صهر الشحنة . ويغذى الفرن بالشحنة من قادوس (أ)



(شكل ٦١ — فرن الصهر)

في سقف الفرن فتسقط الى مرقد المعدن . وفرش المرقد مبطن بالرمل ، وينحدر من جميع أطرافه الى ناحية الثقب (ب) الذي يستخرج منه المعدن المنصهر وينصهر المعدن تدريجيا فيتفاعل الأوكسيد والكبريتيد والكبريتات بعضها مع بعض وينتج من ذلك خبث يطفو على سطح الركاز المنصهر . ويستخرج هذا الخبث من المجرى (ح) ثم يستقبل في قوالب الرمل (د) ترفع عند الحاجة . ويستخرج الركاز المنصهر من الثقب (ب) بعد رفع السدادة منه فيسيل الركاز إما الى مجار يترك فيها حتى يبرد على شكل كتل منشوية ثم يصحن استعدادا للدور الثالث وأما يستقبل في أحواض مملوءة بالماء فيبرد فيها على شكل رش (كرات صغيرة) . وتبلغ شحنة هذا الفرن نحو ٢٥ قنطارا في كل دفعة ، وتتألف من ٦٠ — ٦٦ في المائة من المعدن المكس ، ومن ١٠ الى ١٤ في المائة من النحاس الغفل الأوكسیدی ، ومن ٢٢ الى ٢٥ في المائة من خبث النحاس . والركاز الناتج من هذه العملية يتألف من خليط من كبريتيد النحاس والحديد ويحتوى على نحو ٣٠ — ٣٥ في المائة نحاس و ٣٠ في المائة حديد و ٢٨ في المائة كبريت ، ثم على كميات جزئية من البزموت والزرنيخ والرصاص والأنثيمون . وقد يحتوى على كبريتيد معادن النيكل والقصدير والكوبالت . ويسمى هذا الركاز ” المعدن الخشن ” لأن مكسره يتكون من حبيبات خشنة ذات لون برنزي ضارب للأرجواني .

وقد أمكن في السنين الأخيرة استخدام نوع من الأفران العالية ذات القميص المائي بنجاح تام في أدوار الصهر الأولى . أما في أدوار الصهر الأخيرة فقد أمكن استخدام نوع من محولات بسمردى تصميم خاص لمعالجة الركاز المنصهر بإرسال تيار هواء فيه فيحترق الكبريت ويتأكسد الحديد وتتولد من ذلك حرارة كافية تحفظ الركاز منصهرا وبذلك يحصل وفر محسوس في الوقود .

(الدور الثالث) دور تكليس المعدن الخشن — يكلس المعدن الخشن لمدة ٢٤ ساعة على درجة الاحمرار البسيط فيفقد حوالى ٥٠ في المائة من كبريته الذى يتحد مع الأوكسيجين مكونا ثانى أوكسيد الكبريت .

(الدور الرابع) دور صهر المعدن الخشن — يحصل فى أفران مشابهة تماما لأفران الدور الثانى . وتبلغ الشحنة نحو ٣٠ قنطارا وتستغرق فى صهرها من ٦ — ٨ ساعات وتتألف من ٧٥ — ٨٠ فى المائة من المعدن الخشن المكلس ومن ٢٠ — ٣٥ فى المائة من خليط مكون من المعادن الغفلة الأوكسيدية والكربونية ومن خبث النحاس المستخرج من الدورين الخامس والسادس المحتوى على نسب كبيرة من أوكسيد النحاس على هيئة سليكات ويحصل فى هذا الدور نفس التفاعل الكيميائى الذى حصل فى الدور الثانى بين كبريتيد وأوكسيد النحاس . والركاز الناتج من هذا الدور يكون أغنى فى النحاس من ركاز الدور الثانى . ولاستخراجه وهو منصهر ترفع سداة الثقب ويستقبل فى قوالب على شكل تماسيح ويطلق عليه اسم (المعدن الناعم) . ويتوقف مظهره وشكل مكسره وكمية النحاس فيه على النسبة بين أوكسيد النحاس وكبريتيد النحاس الموجودين فى الشحنة . فان كانت النسبة هى اللازمة بالضبط للتفاعل الكيميائى فان المعدن الناتج يكون كله تقريبا على هيئة كبريتيد النحاس (نح كب) ويحتوى على ٧٠ — ٧٨ فى المائة من عنصر النحاس ، ويكون مكسره محببا قليلا وذات لمعة شبه معدنية ، ولون رمادى ضارب للبياض ، ولذلك يطلق عليه أحيانا اسم "المعدن الأبيض" .

(الدور الخامس) دور التجميع — يحصل فى أفران تشبه من أغلب الوجوه الأفران المستخدمة فى أدوار الصهر ، إلا أنها مجهزة بفتحات فى كوبرى النار (الشاروقة) تسمح بدخول الهواء إلى جوف الفرن ، ومجهزة

النحاس على قدر الامكان خاليا من هذه المواد ، ولأداء ذلك تؤخذ تماسيح النحاس الأجرب وتكرر بصهرها في فرن عاكس كالسابق شرحه إلا أنه لا يحتوى على قاذوس للتغذية أو فتحة لخروج المعدن المنصهر . والشحنة المكونة من ٦ — ١٥ طنا تستغرق في صهرها مدة تتراوح بين ٤ و ٦ ساعات و بعد تمام الصهر يزال انحبث الطافي على سطح المعدن المنصهر ، ويعرض هذا السطح لفعل جو الفرن المؤكسد مدة تختلف من ١٠ — ١٥ ساعة . وبما أن النحاس أقل قابلية للتأكسد من العناصر الأخرى المختلطة به كالكبريت والزرنيخ والحديد والقصدير والنيكل والكوبالت والمانجنيز والبزموت والرصاص فإن هذه تتأكسد سريعا ويتأكسد معها قليل من النحاس ، فتتحد جميع هذه الأكاسيد مع الرمل الموجود في فرش الفرن ، وتكون معه سليكات تلك العناصر تطفو على سطح المعدن خبثا فيزال من وقت لآخر . غير أن المعدن المنصهر قد يذيب بعض أوكسيد النحاس فيصبح بسبب ذلك ناشفا . ولعلاج هذا العيب يزال انحبث أولا ثم يغطى سطح المعدن المنصهر بطبقة من الفحم الحجري أو فحم الانتراسيت ، ويقرب بساق من خشب القرو أو خشب الحور فيضطرب المعدن اضطرابا شديدا ويلامس كل جزء منه الفحم الموجود على سطحه فيتمكن كربون الفحم والخشب من إختزال الأوكسيد وترك النحاس نقيا . وللتأكد من تمام الإختزال تؤخذ من وقت لآخر عينات من النحاس المنصهر وتترك حتى تتجمد ، ثم تفحص وتختبر لقياس مقاومتها للثني والإلتواء وقابليتها للطرق ، فإذا ما وجد أن المعدن قد فقد لونه القاتم ومكسره المحبب وأنه ينثنى حتى يزدوج على نفسه ، وأن مكسره أصبح ذا لمعة حريرية ولون شبيه بلون اللحم ، فإن هذا يكون دليلا على إستعادته لخصائصه ، فيسحب الساق الخشبي ويزال الفحم . ويعرف المعدن السائل في ملاقع مبطنة بالطوب الحرارى ، ثم يصب على شكل

كُل مبططة تزن الواحدة منها نحو ٢٠ رطلا في قوالب مصنوعة من الزهر أو النحاس بكيفية تجعل من السهل إلقاء الكُل منها في الماء بمجرد تجمدها . وقد يحصل أحيانا أثناء الغُرف أن يتأكسد المعدن ، وعند ملاحظة ذلك يلزم إعادة الساق الخشبي إليه وتقليبه مدة قصيرة فيستعيد خصائصه . ويستغرق هذا الدور من بدء وضع تماسيح النحاس الأجرب في الفرن إلى نهاية الغُرف نحو ثلاثين ساعة .

والخَبث الناتج من هذا الدور ذولون أحمر نحاسي ويحتوى في الغالب على سليكات النحاس وقليل من سليكات المعادن الأخرى السابق ذكرها .

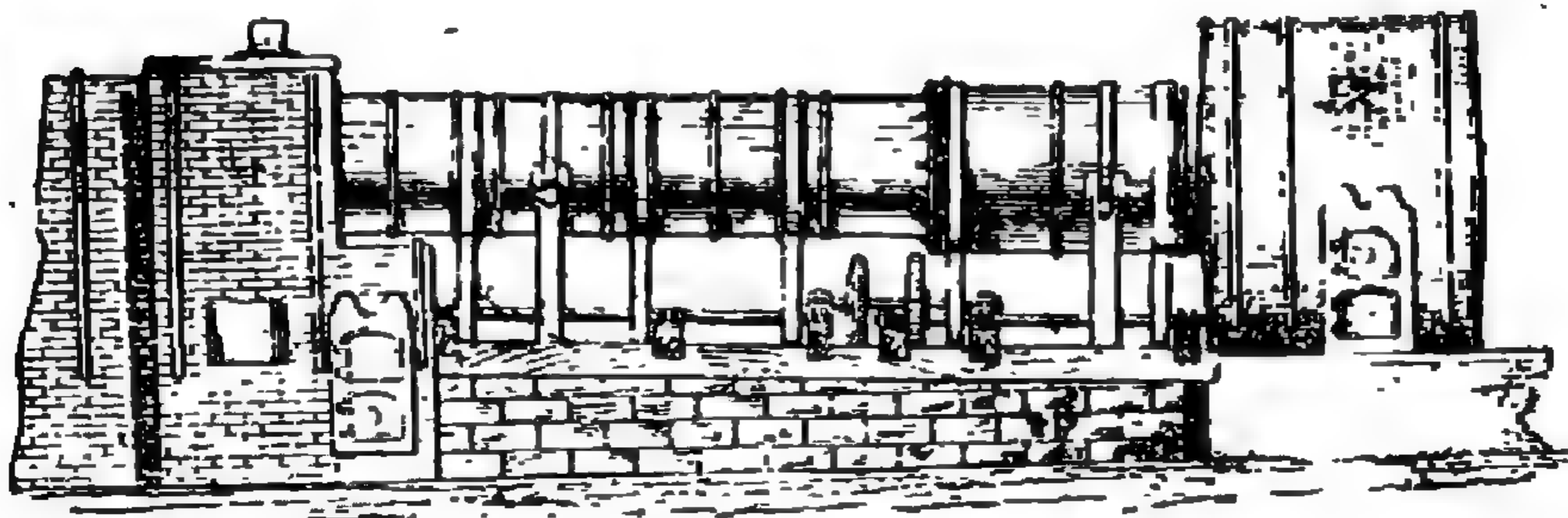
والنحاس المستخلص بالطريقة الغالبة يختلف في درجة نقائه تبعا لنقاء المعدن الغفل المستخلص منه ، وأيضا تبعا لموقعه وهو منصهر من مرقد أنران الصهر، فالنحاس الموجود في أسفل المرقد يحتوى عادة على كمية غير قليلة من المواد الأخرى ، وتقل هذه الكمية تدريجيا في الطبقات التي تليها مباشرة أى الطبقات الوسطى ، وعلى ذلك فالنحاس المستخرج من الفرن عقب فتح السدادة يكون أقل نقاء من غيره ، وما يستخرج بعد ذلك مباشرة يكون أنقى ، ويستخدم النحاس النقي غالبا في صنع سبائك النحاس الأصفر والبرنز والمعدن الأبيض المعروف باسم (الفضة الألمانية) . أما إذا كان النحاس مطلوباً لتحويله إلى ألواح على آلات الجَلخ ، فإنه يضاف إليه جزء صغير من الرصاص يختلف من ١٠ إلى ٥٠ في المائة خلال دور التكرير وقبل غرف المعدن المنصهر وذلك لغرضين :

الأول — أن الرصاص يتأكسده السريع وقت الصهر يساعد على تأكسد العناصر الأخرى المختلطة بالنحاس وعلى الأخص الانتيمون ، وفي الوقت

نفسه يعيق تأكسد النحاس فيمنع نشوفته ، والعادة أن تزال هذه الأكاسيد بمجرد تكونها ، حتى إذا ما صب المعدن بعد ذلك في قوالب تكون كتله أكثر نقاء .

الثاني — أن النحاس المحتوى على ١٠ في المائة أو أقل من الرصاص يمكن تحويله بسهولة إلى ألواح بإمراره في آلات الخلخ .

الطريقة المباشرة — تستخدم في استخلاص النحاس من غفله ان كان الغفل بقيا لدرجة خاصة . وتشارك هذه الطريقة مع الطريقة الغالية في الأدوار الأربعة الأولى التي تنتهى باستخراج ركاز من المعدن الناعم ، لكن في هذه الطريقة يؤخذ المعدن الناعم ويحص في قمين من النوع الدوار (شكل ٦٢) ثم يخلط بعد تحميصه بكمية كافية من معدن ناعم غير محمص ويوضع الخليط في فرن عاكس ويصهر ، ثم تجرى عليه عملية التكرير في الفرن نفسه . والنحاس المستخلص بهذه الطريقة لا يقل عن غيره في الجودة .



(شكل ٦٢ — قين دوار)

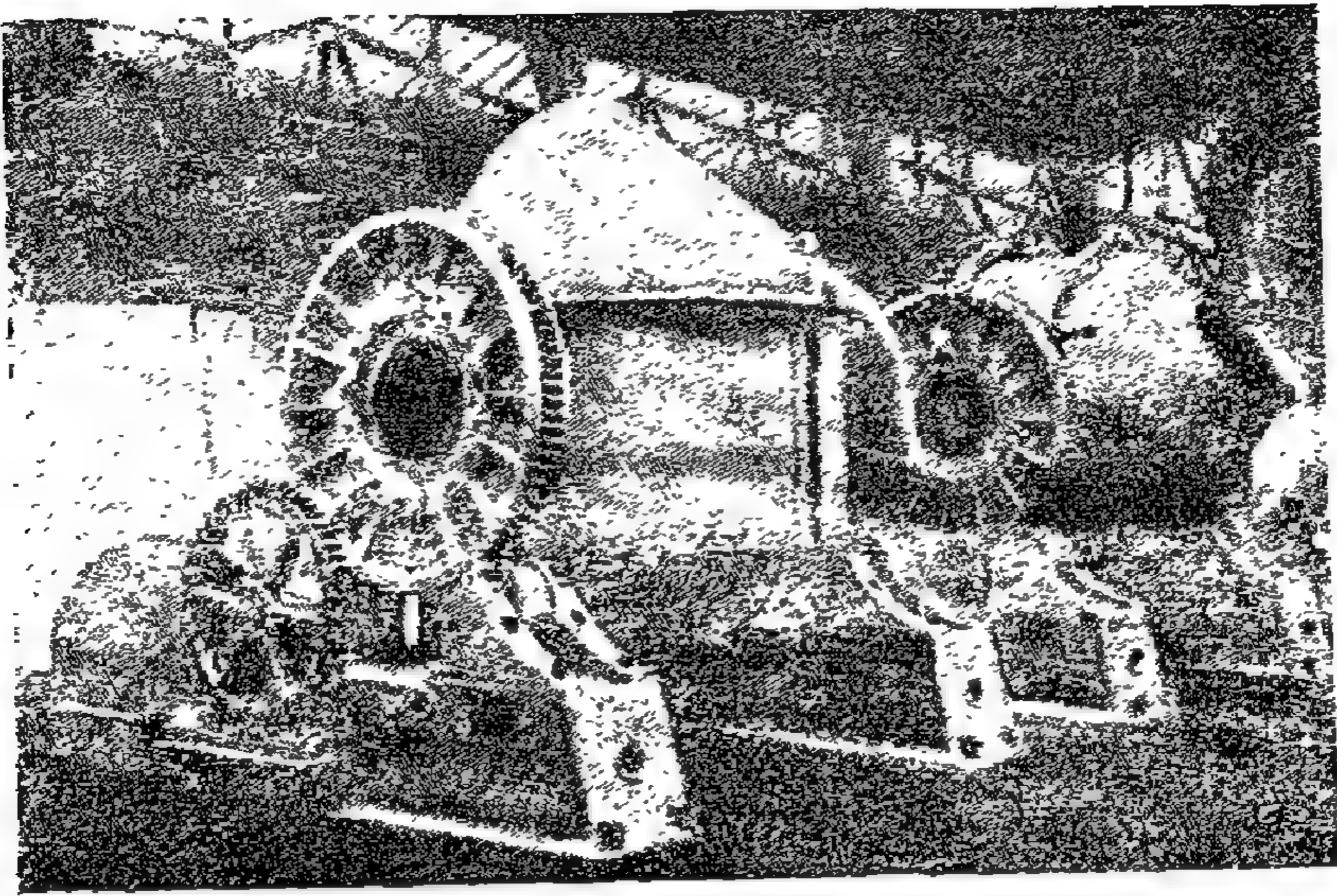
استخلاص النحاس بطريقة بسمر — لما شاعت طريقة بسمر لتحويل الزهر المنصهر الى صلب أدخلت تلك الطريقة لاستخلاص النحاس من ركازه ، فأجدت كثيرا . وتتخلص هذه الطريقة في تسليط تيار من الهواء على ركاز النحاس المنصهر فيتحد مع المواد الأخرى الداخلة في تركيبه ، وقد وجد بالتجارب أن طريقة تسليط تيار من الهواء على هذا الركاز المنصهر

ليست بالموفرة إن قلت الكمية المستخرجة من النحاس عن ٣٠ طناً في اليوم .
ويمكن تلخيص هذه الطريقة فيما يلي :

عند تسليط تيار الهواء على الركاز المنصهر يتحد أوكسجين الهواء مع الحديد والكبريت الموجودين في الركاز فيزيلهما ، وذلك على أثر تفاعلات كيميائية عدة تحصل جنباً إلى جنب في وقت واحد ، فيتأكسد الكبريتيد المصهور في الركاز ، ويتحول الكبريت الموجود فيه إلى ثاني أوكسيد الكبريت ، ويتأكسد جزء من النحاس فيسطو على كبريتيد الحديد الموجود في الركاز فيتحول الحديد إلى أوكسيد حديد ، بينما يستحيل النحاس إلى كبريتيد النحاس ، وتستمر هذه التفاعلات حتى يتأكسد كل كبريتيد الحديد الموجود في الركاز ، أما أوكسيد الحديد فإنه ينصهر بإضافة مساعد صهر من السليكا إلى الركاز مكوناً سليكات الحديد ، ويتخاف النحاس بعد ذلك على هيئة كبريتيد النحاس . وباستمرار مرور تيار الهواء بعد ذلك يستمر تأكسد الكبريت فيتفاعل أوكسيد النحاس مع كبريتيده ويترك نحاساً حراً . فإن زاد مرور التيار عن هذا الحد يتأكسد النحاس نفسه ، وبهذه الطريقة يمكن الحصول على ركاز غني بالنحاس وعلى كمية من النحاس الأجرب في عملية واحدة . ومما تقدم يرى أن أغلب الحديد يتحول إلى أوكسيد حديد عند بدء مرور تيار الهواء ثم يستمر هذا التحول إلى أن يتحول الحديد بأكمله إلى أوكسيد الحديد الذي يجب التخلص منه بإضافة مساعد صهر من السليكا كما سبق بيانه ثم يخرج خبثاً ، وتستعمل في هذه الطريقة محولات تشابه في الشكل بالتقريب محولات بسمر العادية . ومن الشكل (٦٣) يمكن فهم تشغيلها اذ هي كطريقة تشغيل محول بسمر السابق شرحه في إستخلاص الصلب .

ويبلغ ضغط الهواء اللازم لمحولات بسمر من ٨ — ١٦ رطلاً على البوصة المربعة . والركاز الذي لا تقل نسبة النحاس فيه عن ٥٠ ٪ يمكن تحويله

في دفعة واحدة، فان قل عن ذلك إقتضى الحال أن توضع منه شحنة في المحول حتى تتركز ثم تضاف اليها شحنات أخرى على التعاقب حتى يصير الركاز غنيا بمعدن النحاس ، فيزال انخبث منه ، ثم يسלט عليه تيار الهواء ثانيا دون رفعه من المحول حتى يتحول الى نحاس أجرب .



(شكل ٦٣ — محول بسمر للنحاس)

وليس هناك دلالة ظاهرة على انتهاء عملية التحويل في النحاس كما هو الحال في محولات بسمر الخاصة بصناعة الصلب لذلك تستدعى مباشرة محولات النحاس أن يكون القائم بها ذا مقدرة تامة للحكم على انتهاء العملية وعلى التخلص من كل الكبريت الموجود في الركاز .

وأهم الظواهر التي تلاحظ عند تحويل ركاز فقير الى ركاز غني ظهور غيوم بيضاء عند بدء العملية حيث يوجد بعض أوكسيدات المعادن المتطايرة مثل الرصاص والزنك وقليل من ثاني وثالث أوكسيد الكبريت . ثم يعقب ذلك تغير لون اللهب فيصير لونه أخضرا ثم يستحيل الى الزرقة ثم الى اللون الوردي دليلا على التخلص من الحديد . ولهذا قلنا إنه من الضروري أن

يكون المشرف على عملية التحويل ذا خبرة واسعة حتى يمكنه أن يحكم على خطوات العملية . ويمكن بالتقريب الحكم على ذلك بملاحظة جزء من مادة الركاز التي تلتصق بالسفود (السيخ) المعد لتسليك ودنات الهواء أثناء العملية ومنها يمكن الحكم على أن الركاز أصبح غنيا بالنحاس في الأدوار الأولى لعملية التحويل ، أما في الدور النهائي فلا يمكن الحكم على انتهاء العملية بشكل لسان اللهب لأن شكله يظل ثابتا تقريبا . على أنه يمكن الحكم بالتقريب في هذا الدور باستقبال الذرات المتطايرة من فوهة المحول على لوح من الحديد فإن وجد أن لهذه الذرات ميلا للالتصاق باللوح والتوهج يكون هذا دليلا على أن بعض الكبريت لا يزال موجودا .

أما إذا تراجعت هذه الذرات بعد مصادمتها للوح وكانت خالية من التوهج يكون هذا دليلا على انتهاء العملية . ويترتب على عدم تمامها وجود كمية من الكبريت في النحاس وحينئذ يظهر لون النحاس اسود لامعا بعد إزالة الخبث عنه . والمغالاة في إمرار الهواء يجعل لون المعدن محروقا بتأكسد بعض النحاس . وفي بعض الأحوال يحتوى المعدن على كمية من الغازات مذابة فيه وفي مثل تلك الأحوال يتجمد على درجة حرارة أقل من درجة حرارة تجده ، وبعد صبه في الروازق وتجمده تخرج الغازات دفعة واحدة بقوة انفجارية حاملة معها جزءا من النحاس .

ويعالج الخبث الناتج من هذه المحولات مرة أخرى كي يستخلص باقي النحاس الموجود فيه بإحدى الطرق .

ويستخدم في تبطين المحولات إحدى الطريقتين الآتيتين :

البطانة الحامضية — عند بدء استعمال المحولات لاستخلاص النحاس جعلت بطاتها سميكة وغنية بالسليكا حتى تصهر أكسيد الحديد فأدى ذلك بطبيعة

الحال الى سرعة تآكل البطانة واصلاحها باستمرار . وتبطن المحولات بطبقة من الطين الحرارى المزوج بالكوارتز المسحوق ويبلغ سمك تلك الطبقة حول قدمين عند القاع وتقل بالتدرج حتى تصل إلى ٦ بوصات عند الفوهة .

والمحول ذو البطانة الحامضية (السليكية) البالغ طوله ١٠ أقدام وقطره الداخلى ٨ أقدام يُخرج حوالى ١٥ طنا من النحاس الأجرب قبل إصلاحه وإعادة تبطينه ، وذلك على ثلاث أو أربع دفعات ، وهذه الكمية تخرج من ركاز يحتوى على نحو ٥٠٪ تقريبا من معدن النحاس . ويبلغ وزن هذا المحول حوالى ٢٥ طنا منها ١٥ طنا تقريبا وزن البطانة .

البطانة القاعدية — لما ظهرت تقائص البطانة الحامضية بتآكلها السريع استعملت بطانة قاعدية بدلا منها فى كثير من المصانع الكبيرة كما استخدمت بطانة متعادلة ، وقد استخدم الجرافيت أيضا فى بعض البطانات وذُرت السليكا أثناء دخول الهواء خلال الركاز المنصهر ، إلا أن ذلك لم يأت بالفائدة المرجوة ، وكان السبب فى ذلك صغر حجم المحولات ونتج عن ذلك تبريد الركاز قبل تحويله . فلما كبر حجم المحولات وزادت تبعاً لذلك كمية الركاز قلت درجة التبريد فكان ذلك سببا فى نجاح المحولات ذات البطانة القاعدية وحتى أمكن إضافة السليكا إليها أثناء عملية التحويل على هيئة قطع بحجم ٢/٣ تقريبا . ويبلغ قطر بعض تلك المحولات من ٧ — ١١ قدما وطولها يتراوح من ١٠ — ٢٠ قدما . وتعمل البطانة القاعدية من طوب حرارى مركب من الكروميت أو الماغنيزيا ، وتبنى البطانة بالقطران كما هو الحال فى محولات بسمر للصلب .

وعند مرور الهواء فى الركاز المنصهر فى المحولات ذات البطانة القاعدية يتأكسد الحديد الموجود فى الركاز ويتحول إلى أكسيد الحديد المغناطيسى

غير القابل للانصهار على درجة حرارة الركاز فيلتصق بمحدران المحول ويزيد في سمك البطانة ، يحدث هذا عند بدء العملية وفي غياب السليكا ، فمن ذلك يرى أن الركاز يسلك طريقا غير الطريق الذي سلكه في المحولات ذات البطانة الحامضية . وفي العادة وعند استعمال محول جديد لا تضاف السليكا حتى تتكون طبقة من أوكسيد الحديد على سطح البطانة الداخلية بقدر ٣ بوصات تقريبا لتقي البطانة . وخشية من تصدع هذه الطبقة عند ما تبرد في الفترة التي بين التفريغ والشحن يسلط عليها لهب غازي إن أمكن لتبقى درجة حرارة البطانة مرتفعة ، وبذلك الطريقة تظل حافظة لشكلها تقريبا . ولمنع تراكم صدأ الحديد المغناطيسي على سطح المحول الداخلي تضاف كمية من الألومينا بأية طريقة مع الركاز حتى تكون طبقة صغيرة فوق الطبقة الأولى لأوكسيد الحديد المغناطيسي ، وبذا يمنع تلاحق كميات أخرى من هذا الأوكسيد على سطح المحول الداخلي ، ثم تستمر العملية وتضاف السليكا لتصهر أوكسيد الحديد المغناطيسي فيطفو خبثا .

طريقة شيلي — تستخدم في المناطق التي يكون ثمن الوقود فيها مرتفعا . فيحمص النحاس الغفل أولا ثم يصهر في فرن عال ذي قميص مائي . والركاز الناتج من عملية الصهر يحمص ثم يصهر ، فينتج منه نوع من النحاس محتو على نحو واحد في المائة من الكبريت ، وعلى نسب صغيرة من المواد الأخرى ويباع هذا النحاس في السوق على شكل ”سيقان شيلي“ وهو أقل نقاء من النحاس الأخرى .

الطريقة الرطبة أو المائية — يتبادل الحديد مع النحاس في أملاحه وتسمى تلك الخاصية خاصية التبادل الكيميائي ، بمعنى أنه اذا غمرت قطعة من الحديد في محلول كبريتات النحاس فانها تغطي بطبقة من النحاس النقي

وذلك بتبادل عنصر الحديد مع النحاس إذ يؤثر محلول كبريتات النحاس على الحديد مكونا كبريتات الحديد ونحاس نقي . وعلى هذا تأسست نظرية استخلاص النحاس بالطريقة الرطبة . وتتخلص في تحويل النحاس الغفل الكبريتي الى مادة قابلة للذوبان في الماء (كبريتات أو كلوريد النحاس) ، تحوّل الى محلول متشبع فاذا ما عولج المحلول بإضافة كمية من الحديد الخردة إليه فإن الحديد يتبادل مع النحاس فيتحوّل الحديد إلى كبريتات أو كلوريد ويرسب النحاس حرا في قاع المحلول .

ويحوّل النحاس الكبريتي — كالبريطيس مثلا — الى كبريتات بتحميصه بعناية تامة في أفران عاكسة على درجة حرارة منخفضة . فان كان البريطيس فقيرا في عنصر النحاس فانه يمحّص في أكوام مكشوفة للهواء ثم يغسل في أحواض فتذوب الكبريتات في الماء ويرسب النحاس منها بالحديد الخردة كما سبق ذكره .

وبعض أنواع النحاس الغفل الكبريتي تتأكسد من تلقاء نفسها عند تعريضها للهواء الرطب ، ولهذا السبب وجد أن المياه العادية الخارجة من بعض مناجم النحاس تحتوي على كمية من محلول كبريتات النحاس فبدلا من ضياع هذه المياه هدرا أنشئت مصانع خاصة لاستخراج النحاس ، منها في كثير من المناطق التي توجد فيها مياه من هذا القبيل ، كمقاطعة كورنوال في إنجلترا وغيرها .

أما تحويل النحاس الغفل الكبريتي الى كلوريد فيكون عادة بتحميصه مع كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) أو بمعالجته بكلوريد الحديد أو بمخيلط من ملح الطعام وثاني أكسيد المانجنيز .

ويستفاد من الطريقة الرطبة أيضا في استخلاص النحاس من بقايا البيريطيس الاسباني والنرويحي والبرتغالي التي تستخدم في صناعة حامض الكبريتيك لأن هذه البقايا تحتوي على نسب صغيرة من النحاس تختلف من ٢ الى ٤ في المائة .

الطريقة الكهربية — جميع التجارب والمحاولات التي أجريت لاستخلاص النحاس من غفله بالطريقة الكهربية مباشرة كانت غير مجدية ، ولذلك أصبحت هذه الطريقة مقصورة على تكرير النحاس الحر وتخليصه من أخلاطه فالنحاس المطلوب للأغراض الكهربية يلزم أن يكون نقياً جداً . وقد وجد أن النحاس المستخلص بجميع الطرق السابقة الذكر لا تتوافر فيه هذه الدرجة من النقاء لذلك استدعى الأمر تكريره بطريقة التحليل الكهربائي . وطريقة ذلك أن يؤتى بالنحاس الخام غير النقي المستخلص بإحدى الطرائق السابقة ويصب على شكل ألواح سميكة . يختلف طولها من ٢ — ٢ ½ قدم وعرضها من ١ — ٢ قدماً وسمكها من ١ — ٣ بوصة . ثم توضع هذه الألواح في أكياس من الخيش وتغمر في حوض يحتوي على نحو ١٥ في المائة من كبريتات النحاس وه في المائة من حامض الكبريتيك وتوصل بالقطب الموجب لينبوع كهربائي . أما القطب السالب فيوصل بالألواح رقيقة من النحاس النقي مغمورة في نفس الحوض . فإذا ما مر تيار كهربائي في المحلول فيفصل النحاس النقي منه وينقل إلى الألواح الرقيقة فيلتصق بها . ويستعوض المحلول ما فقده من النحاس من الألواح السميكة فتتأكل .

أما المواد الأخرى الموجودة في الألواح السميكة فإما أن تذوب في المحلول وأما أن تتخلف في الأكياس على شكل طينة من الأوساخ . وهذه الطينة تحتوي على نسبة غير قليلة من الذهب والفضة فيستخلص هذان المعدنان الثمينان منها كحصول ثانوى .

وتبلغ درجة نقاء النحاس المستخلص بهذه الطريقة نحو ٩٩,٨ في المائة وللدلالة على أهمية التكرير الكهربائي نورد هنا البيان الآتي :

بلغ ما استخلص من النحاس الخام في الولايات المتحدة عام ١٩١٣ بجميع طرق الاستخلاص ٥٤٧٢٠٤ أطنان كرم منها بطريقة التحليل الكهربائي ٤٥٥٠٠٠ طن ، أي أن أغلب النحاس المستخلص في هذه المملكة قد صار تكريره .

أما الطينة المتخلفة في الحوض والأيكاس فتختلف محتوياتها تبعا لنوع النحاس المكرر . والجدول الآتي يبين محتويات طينة مستخرجة في حالة من الحالات :

نحاس	١٤,٣	كبريت	١,٦٩
فضة	٣٥,٠	حديد	٠,١٧
ذهب	٠,٦٤٣	رصاص	٢,٤٤
نيكل	٥,٢٥	سليسيوم	٥,٧٠
زرنِيخ	٢,٦٨	تالييريوم	٢,٦٩
أنثيمون	٥,٣٥	زنك	آثار
بزموت	٠,٤٦	مواد غير ذائبة	٦,٦٠

أنواع النحاس التجاري — يعرض النحاس في الأسواق المصرية على صورة ألواح في الغالب ، وتستخدم هذه الألواح في صنع بعض الأواني المنزلية ، ويباع أحيانا على صورة ككل تعرف باسم ” النحاس الخام ” وتستخدم في المسابك لصنع السبائك النحاسية من نحاس أصفر وبرتز وغير ذلك .

ويباع أيضا على صورة أسلاك وسيقان ومواسير الخ مما هو معروف لمن له اتصال بالسوق المصرية . لكنه في السوق الانجليزية يعرض على أشكال شتى كما يأتى :

(١) النحاس الطرى — وهو نحاس عادى يراعى فى صنعه أن يكون فى أعلى درجة من قابلية الطرق ومقاومة الشنى والالتواء ويباع على شكل أقراص .

(٢) النحاس الرش — ويستخدم فى صنع سبائك النحاس الأصفر وما مائلها، ويحصل عليه عادة بصب النحاس المنصهر فى ماء بارد أو ساخن فيبرد فيه على شكل رش (كرات صغيرة) وأحيانا على شكل قشور .

(٣) النحاس الوردى — ويحصل عليه عادة برش الماء على سطح النحاس المنصهر فيبرد السطح ويتحول إلى قشور ذات لون أحمر وردى فتؤخذ هذه القشور وتعرض فى السوق باسم النحاس الوردى .

(٤) سيقان شلى — سبق شرحها ويبلغ وزن الساق منها نحو قنطارين انجليزين . ونظرا لقلّة تقاء هذا النوع فانه يكرر غالبا قبل استخدامه فى الأغراض الصناعية .

(٥) النحاس المرسب — ويحصل عليه بالطريقة الرطبة السابق شرحها ويكون على شكل حبوب دقيقة جدا . ودرجة نقائه مختلفة . وأكثر المواد الغريبة وجودا فيه هو أكسيد الحديد .

(٦) النحاس الكهربائى — وهو النحاس المكرر بطريقة التحليل الكهربائى السابق شرحها .

وهذه الأنواع الست يمكن أن يطلق عليها اسم النحاس الخام فتشتريها المصانع وتحولها إلى ألواح أو سيقان أو مواسير أو سبائك أو أسلاك الخ .

السبائك النحاسية — يخلط النحاس بكثير من المعادن الأخرى لتعديل خصائصه وجعله صالحاً لأغراض معينة . وأهم سبائك النحاس هي :

(١) النحاس الأصفر — وهو خليط من النحاس والزنك بنسب مختلفة ، وقد يضاف إليهما أحيانا نسب صغيرة من القصدير أو الحديد لأغراض خاصة وتختلف نسبة النحاس فيه من ١٠ إلى ٨٠ في المائة .

(٢) البرنز — كثيرا ما يخلط بينه وبين النحاس الأصفر لاشتراكهما تقريبا في اللون ، ولو أن البرنز يختلف عن النحاس الأصفر إذ أن أهم مركباته بعد النحاس هو القصدير ، وقد يضاف إليه أحيانا قليل من الزنك أو الرصاص .

والجدول المبين بالصفحة التالية يبين تركيب بعض سبائك النحاس الأصفر والبرنز التي تستخدم في عمل المسبوكات .

(٣) المعدن الأبيض — ويطلق عليه الصناع المصريون اسم "السبيكة" ويستخدم على الأخص في تبطين لقم كراسى المحركات والآلات . وهو على أنواع كثيرة نذكر خمسة منها يعتبرها الأمر يكون أنواعا قياسية .

التركيب				النوع
رصاص	نحاس	انتيمون	قصدير	
—	٨٥٣٣	٨٥٣٣	٨٣٥٣٣	نمرة ١
—	٤٥٠٠	٧٥٠٠	٨٩٥٠٠	» ٢
٣٣	٢٥٠٠	١٥٥٠٠	٥٠٥٠٠	» ٣
٨٠	—	١٥٥٠٠	٥٥٠٠	» ٤
٩٠	—	١٢٥٠٠	—	» ٥

التركيب				نوع السبكة واستخدامها
رصاص	زنك	قصدير	نحاس	
—	٤	١٢	٨٤	سبكة لصناديق الدناجل
—	—	٢٥—٢٠	٨٠—٧٥	» للأجراس
—	٢٥	٢	٧٥	» نحاس أصفر جيد
				» ضارب للحمرة للسبوكات
٢	١٠	٣	٩٠	الصفيرة
—	٨٠	١٠	١٠	» نحاس أصفر ضارب للياض ...
٩	٢	٣	٨٦	» برنز مقاوم للاحماض
—	٢	١٠	٨٨	» » للبروس
١	٣	٦	٩٠	» » للتماثيل
—	٩	٩	٧٨	» للقم أذرع التوصيل
٢	٢	٣	٩٣	» للتركيبات الكهربائية
—	—	١٣,٥	٨٦,٥	» ناشفة جدا للكراسي
٢	١	٤٠	٣٢	» نحاس أصفر للكينات
—	٢	١٠	٨٨	» معدن المدافع
٣	٢	١٠	٨٥	» » للأغراض المائية ...
١	٢	٦	٩١	» للقبالب
٢	٩	٣	٨٦	» لليفط
٢	٢	٨	٨٨	» للارانيك
—	—	١١	٨٩	» لشنابر المكابس
٨	٨	—	٨٠	» المعدن الأحمر الرخيص
٨	٢٠	—	٦٤	» نحاس أصفر طرى
٣	٣	٧	٨٧	» لصمامات البخار
٦,٥	٨٢	٦,٥	٥	» البطانة
٣	١٤	٣	٧٨	» نحاس أصفر للتحفيات
١	٦	—	٣٢	» سيقان الصمامات
—	١٣	٢,٥	٣٥	» المعدن الأبيض

(٤) سبائك متنوعة — يدخل النحاس في تركيب بعض السبائك التي تستخدم في صنع الأدوات المنزلية من صواني وأباريق وخلافه . وأهم هذه السبائك اثنتان :

(الأولى) السبيكة المعروفة باسم "الفضة الألمانية" — وتركب من ١٥ إلى ٢٨,٣ نيكل و ٣٨,٣ إلى ٦٠ نحاس ، ٢٣ إلى ٣٣,٣ زنك .

(والثانية) النحاس الأبيض — ويتركب من ١٤ — ٣١,٥ ، نيكل و ٤٠ — ٥٦ نحاس ، و ٢٣ — ٢٦ زنك و ٢,٣ — ٣,٥ حديد ، ومن صفر إلى ٤ قصدير .

كذلك يدخل النحاس مع الفضة والذهب والنيكل في تركيب العملة بنسب تختلف باختلاف الممالك ، كما أنه يدخل في سبائك كثيرة ذات أهمية ثانوية لا يتسع المجال لحصرها ، فقط نذكر منها سبيكة اللحام — وتعرف في الورش المصرية باسم مونة اللحام — وتركب من ٥٠ في المائة نحاس و ٥٠ في المائة زنك .

وقد يضاف الفوسفور بنسب قليلة إلى السبائك النحاسية وأخصها البرنز ويطلق عليه اسم البرنز الفوسفوري ، ويستعمل بكثرة في لقم الكراسي وجلب أزرار محركات السيارات ، ويضاف الفوسفور أثناء تكوين السبيكة النحاسية على هيئة نحاس فوسفوري . وللـفوسفور تأثير غريب على سبائك النحاس فيكسبها لدونة ومقاومة لفعل التأكل . وبإضافة الفوسفور أمكن صنع خيوط من البرنز الفوسفوري تشبه خيوط الحياكة .

الفصل الرابع عشر

الخارصين (الزنك)

الزنك معدن معروف من قديم الزمان وإن كانت لم تصل إلينا تفاصيل دقيقة عن مدى معرفة القدماء به كمعدن مستقل . لكن مما لا شك فيه أن النحاس الأصفر — وهو خليط من الزنك والنحاس — كان من أهم المعادن التي استخدمها القدماء بكثرة . وهذا في ذاته دليل كاف على وجود الزنك واستخدامه في العصور الخالية . وفي أوائل القرن السابع عشر ظهر هذا المعدن في الأسواق الأوروبية تحت اسم القصدير الهندي ، وكان يستورد حينئذ من الصين وجزائر الهند الشرقية . وفي عام ١٧٢١ أمكن هنكل استخلاصه من الكالين بطريقة الاختزال . وفي عام ١٧٤٠ أنشئت في برستول بإنجلترا مصانع لاستخلاصه بواسطة التقطير ، ومن ثم انتشر استخلاصه بهذه الطريقة في بلجيكا وألمانيا وغيرها .

والزنك عنصر معدني يطلق عليه المصريون أحيانا اسم ” التوتيا ” . والنقي منه قابل للطرق وذو لمعة شديدة ولون أبيض ضارب للزرقة . فان اختلط بمواد غريبة — كما في الزنك التجاري — يغم لون قليل ويصبح ناشفا هشا سريع التبلور . بسهولة يقبل الطرق إلى صفائح رقيقة ، كذلك السحب إلى أسلاك ان رفعت درجة حرارته بين ١٠٠° — ١٥٠° مئوية . وفيما بين ٢٠٠° إلى ٣٠٠° مئوية تزداد هشاشته حتى يمكن سحقه مسحوقا ناعما .

وهو أشد نشوفة من القصدير ، وأطرى من النحاس ، ينكش قليلا عند صهره ، وعلى ذلك يصلح لعمل المسبوكات . وينصهر على درجة ٤١٢° مئوية ويغلى ثم يتباخر على درجة ٩٥٠°. يحترق بخاره فى الهواء بلون أبيض ضارب للزرقة ولهب وضاء مكونا أكسيد الزنك (خ ١) الذى يتكشف على صورة ريش رقيق أبيض يطلق عليه اسم " صوف الفلاسفة " . وأكسيد الزنك لا ينصهر فى درجة حرارة الأفران العادية انما يصفر لونه فقط ، ويستعمل — بعد سحقه — كمادة للدهان (بوية) ويباع تحت اسم " ابيض الزنك " ويستعمل فى الطب فيخلط مع الفازلين فى صنع مرهم الزنك .

يتأثر الزنك قليلا بالهواء الجوى العادى . فان عرض لجو رطب يعلوه غشاء رقيق من أكسيد الزنك ، غير القابل للذوبان فى الماء . فى هذا الأكسيد بقية المعدن من التأكسد . ولذا يستعمل فى طلاء ألواح الصاج والأسلاك والأدوات الحديدية بطبقة من الزنك بواسطة عملية الجلفنة .

ويتأثر الزنك بالأحماض النباتية والمواد القلوية فلا يصلح لأن تعمل منه أوان لحفظ الفاكهة واللحوم والخضروات المحفوظة . كذلك يتأثر بالأحماض غير النباتية كحامض الكبريتيك مثلا ، فلا يصلح للاستعمال فى المدن التى تحتوى أجوائها على أبخرة حامضية .

والزنك إن كان نقيا لا يتأثر بالماء ويتأثر قليلا بحامض الكبريتيك والكلورودريك المخففين ويزوب فى حامض الأزوتيك .

ويتبادل الزنك مع الذهب والفضة والبلاطين والنحاس والرصاص والقصدير والانتيمون والبيزموث والزرنيخ . فان وضع فى محاليل أملاح تلك المعادن ترسب الأخيرة فى القاع ويتحول محلولها إلى محلول من أملاح

الزنك . ولهذا السبب يستعمل الزنك في استخلاص بعض تلك المعادن من محاليلها .

ولا يتحد الزنك بسهولة مع الكبريت ، لذلك يحصل على كبريتيد الزنك إما بتسخين أوكسيد الزنك مع الكبريت وإما برش خليط من الكبريت ومسحوق الزنك في بودقة ساخنة لدرجة الأحمرار .

ولفرط هشاشة الزنك كان استخدامه في بادئ الأمر مقصورا على خلطه بالنحاس في صناعة النحاس الأصفر ، لكن في أوائل القرن التاسع عشر اكتشفت خاصية قابليته للطرق والسحب عند تسخينه إلى درجة ١٠٠° — ١٥٠° مئوية ، ومن ذلك الوقت أخذ في استخدامه في صنع الألواح والأسلاك . وقد وجد أن إضافة كمية أقل من واحد في المائة من الرصاص إليه تسهل كثيرا تصفيحه إلى ألواح ، لكنها تقلل من متانة النحاس الأصفر الذي يستخرج منه .

الزنك الغفل — يوجد في الطبيعة إما على هيئة أوكسيد وإما كربونات وإما كبريتيد وإما سليكات مائية وإما على هيئة خليط من نوعين أو أكثر من هذه الأنواع . ويكون دائما مختلطا بعناصر ومعادن أخرى أخصها الكاديوم . وأهم أنواع الزنك الغفل هي :

١ — الزنك الغفل الأحمر أو (الاسبارتاليت) — وهو أوكسيد الزنك وتركيبه الكيميائي (خ ١) . لونه أحمر بالنسبة لاحتوائه على عنصر المانجنيز .

٢ — الكالين — وهو كربونات الزنك (خ ك ١م) . ويختلف لونه من أبيض إلى بني . واللون الأخير يكون نتيجة اختلاط الكالين بأوكسيد الحديد . وأهم البلاد التي يوجد فيها هي : إنجلترا واسكتلندا وسيليزيا وبلجيكا وإسبانيا وأمريكا ومقاطعة الرين . ويوجد في الغالب موزعا بين

الصخور ومختلطا بكبريتيد الزنك وسليكاتة المائية وبكبريتيد الرصاص وكبريتاته وبأوكسيد الحديد وبالكاديوم .

٣ — البند — أوكبريتيد الزنك (خ ك ب) . وهو أكثر أنواع الزنك الغفل انتشارا في العالم ، ويوجد في إنجلترا والولايات المتحدة وروسيا وكثير من البلدان الأخرى . لونه أبيض إن كان غير مختلط بغفل المعادن الأخرى . فان اختلط بها يتغير لونه ويستحيل إلى عدة ألوان أخرى تختلف من أصفر فاتح إلى أسود . واللون الأخير نتيجة وجود الحديد الغفل فيه . ويوجد هذا الزنك في الغالب على صورة بلورات قائمة اللون مختلطة بالصخور والبيريطيس والكالمين .

تجهيز الزنك الغفل — تجرى على الزنك الغفل عمليات تجهيزية لفصله من أخلاطه قبل تقطيره . وتتخلص هذه العمليات في تكسير الزنك الغفل وفصله من المعادن الأخرى المختلطة به لا سيما أوكسيد الحديد والرصاص ، حيث أنهما في درجات الحرارة المرتفعة يحدثان تلقا بالغا في أفران التقطير .

تكليس الزنك الغفل — يكلس الزنك الغفل لتحويل كبريتيد أو كربونات الزنك إلى أوكسيد بتسخينهما على درجة حرارة منخفضة ويكلس الكبريتيد في أفران مفتوحة للهواء ذات مرقد طويل ومجهزة بقلابات آلية لتقليب المعدن .



كبريتيد الزنك + أوكسجين = أوكسيد الزنك + ثاني أوكسيد الكبريت .

أما الكالمين (كربونات الزنك) فتكلس القطع الصغيرة منه في أفران من النوع العاكس ، تسخن بالغازات الساخنة الخارجة من أفران الصهر

والتقطير . وتكلس القطع الكبيرة في قمائن تغذى من قمتها بالمعدن الغفل ومعه قليل من الفحم ويسحب المعدن المكلس من قاعها .



كربون + أوكسجين + كربونات الزنك = أوكسيد الزنك + ثاني أوكسيد الكربون .

استخلاص الزنك من غفله — بعد تكليس المعدن الغفل وتحويله إلى أوكسيد يستخلص الزنك منه بالاختزال ، وذلك أن يسخن أوكسيد الزنك جيدا ويخلط بمسحوق مادة كربونية ، ثم يسخن لدرجة الاحمرار الزاهى فى أفران التقطير الى درجة أعلى من درجة غليان الزنك فيختزل الأوكسيد وينتج من ذلك زنك وأول أوكسيد الكربون .



أوكسيد زنك + كربون = زنك + أول أوكسيد الكربون .

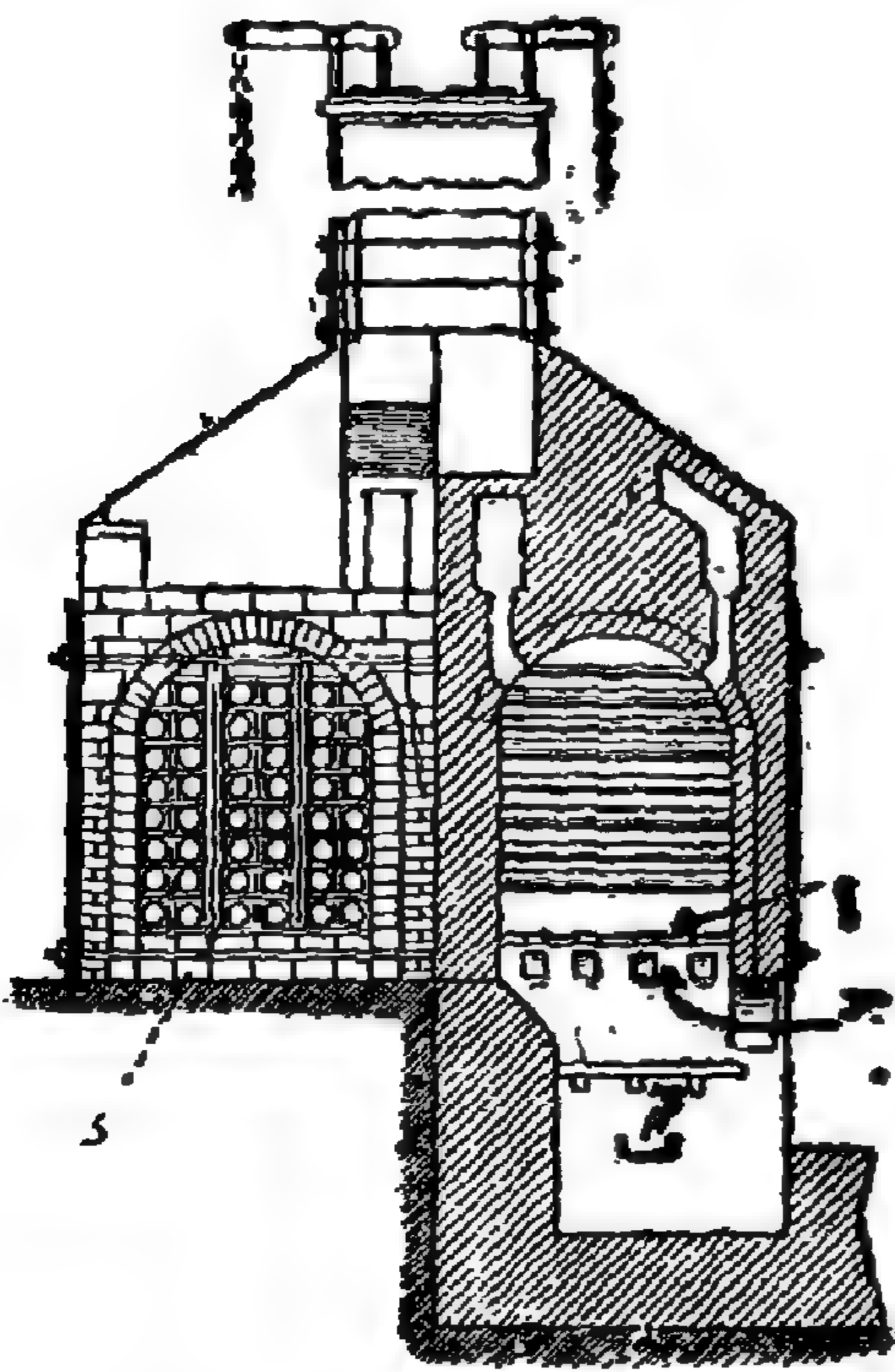
ويتم الاختزال فى مواسير من الطين الحرارى (تعرف بالمعوججات) ، مقفلة من إحدى طرفيها ومتصلة من الطرف الآخر بأوعية يستقبل فيها الزنك المتباخر ليكثف فيها وتسمى قوابل .

وتختلف هذه المعوججات فى أشكالها وفى أشكال قوابلها كما تختلف فى طرائق وضعها فى أفران التقطير تبعا لمناطق استخلاص المعدن .

وأشهر طرائق الاستخلاص ثلاث : الطريقة البلجيكية والطريقة السيليزية والطريقة الراينية (نسبة إلى منطقة الراين) .

ولما كانت كلها تتحد في نظرية تشغيلها وتختلف فقط في نظام الأفران والمعوجات والقوابل فاننا نكتفى هنا بشرح الطريقة البلجيكية تفصيلا :

الطريقة البلجيكية — معوجاتها مواسير قطاعها مستدير أو بيضاوى ، مقفلة من أحد طرفيها ، مفتوحة من الطرف الآخر . يختلف طول الواحدة منها من ٣ إلى ٤ أقدام ، وقطرها من ٦ إلى ١٠ بوصات . وتركب هذه المعوجات في أفران التقطير في صفوف بعضها فوق بعض ، ويرتكز طرفا كل معوجة على الجدارين الأمامي والخلفي للفرن ، وينحدر الطرف المفتوح قليلا إلى أسفل . وشكلا (٦٤) و (٦٥) يبيان قطاعين مختلفين لمجموعتين

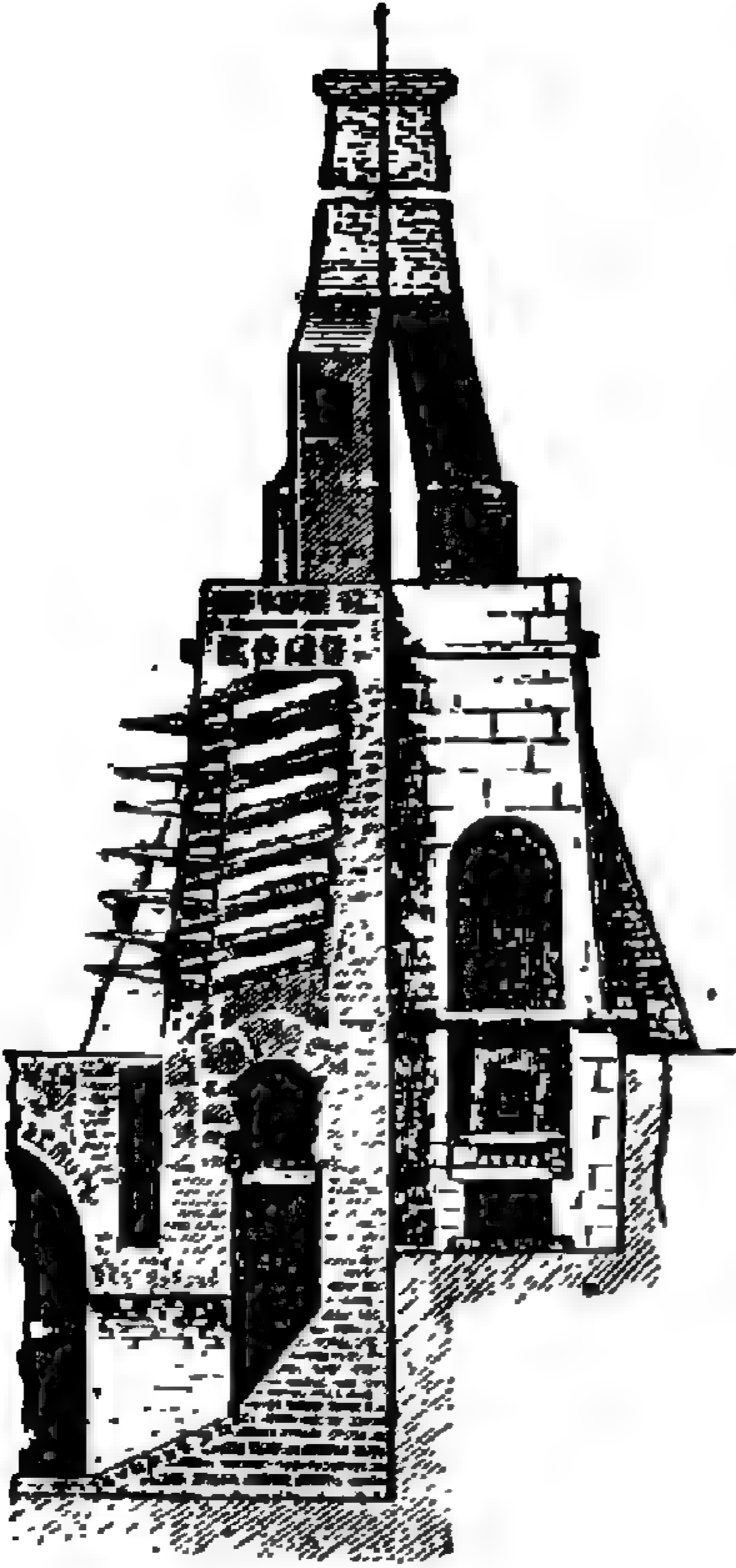


من أفران التقطير المستخدمة في هذه الطريقة وترتيب وضع المعوجات فيها . تبني كل مجموعة من أربع أفران ظهرا لظهر وتتحد كلها في مدخنة واحدة ، ويحتوى كل فرن على ٤٠ - ٨٠ معوجة . ويركب كل فرن من أفران المجموعة المبينة في شكل (٦٤) من بيت للنار (ب) به مجار للغازات المتبهة (ح) وتعلوه غرفة (ا) تركيب

(شكل ٦٤ — مجموعة أفران بلجيكية)

فيها المعوجات . وتقفل واجهة الفرن بلوح سميك من الزهر (د) به عيون تنفذ منها الأطراف الأمامية للمعوجات . وتوسع كل عين معوجتين . ويبطن هذا اللوح من الداخل بالطوب الحرارى . وشكل (٦٥) يبين أيضا طريقة اتصال المعوجات بقوابلها وأبواقها في مجموعة أفران أخرى

تسع كل عين من عيونها معوجة واحدة . والقابلة وعاء اسطوانى من أحد طرفيه مخروطى من الطرف الآخر ، يبلغ طولها نحو ١٦ بوصة ويركب طرفها الاسطوانى فى المعوجة وطرفها المخروطى فى البوق . والبوق عبارة عن مخروط مصنوع من الصاج طرفه مستدق . وشكل (٦٦) يبين القابلة وبوقها .



(شكل ٦٥ — مجموعة أفران بلجيكية)

وتسخن المعوجات لدرجة الاحمرار قبل وضعها فى الأفران ثم توضع ويسد ماحولها من فتحات العيون بمخيط مكون من مسحوق البوداق والطين الحرارى . ويسد أيضا الطرف المفتوح للمعوجات بسدادات غير محكمة من الطين الحرارى . ثم يشرع فى تسخين الفرن بالغاز غالبا وترفع درجة

حرارته تدريجيا حتى اذا ما انقضت اثنتا عشرة ساعة ترفع السدادات من المعوجات وتوضع فيها الشحنة بواسطة ملاعق ذات أيد طويلة . وتتكون الشحنة من مسحوق الزنك الغفل المكلس ومسحوق مادة كربونية كالانتراسيت

أو الكرك أو الفحم الحجري بعد تنديتها جميعها بالماء . وتختلف شحنة كل معوجة



(شكل ٦٦ — القابلة وبوقها)

من ١٣ — ٢٧ رطلا ويراعى أن تكون شحنة المعوجات السفلى المعرضة للحرارة الشديدة أكبر من شحنة المعوجات العليا .

وبعد إتمام الشحن تركيب القوابل على المعوجات وتحكم وصلاتها بالطين الحرارى . فاذا ما ارتفعت حرارة الفرن الى درجة ١٠٣٠° مئوية يبدأ المعدن فى التباخر فينتقل البخار من المعوجات الى القوابل ، وعندها تركيب الأبواق على الأخيرة وتلف مواضع الاتصال بنخرفة مبللة منعا لهروب الأبخرة .

وعند بدء التقطير يخرج من الأبواق غاز أول أوكسيد الكربون . وعند إشعال هذا الغاز يكون لون لهب بُنيًا نظرا لإحتوائه على أبخرة معدن الكادميوم الموجود دائما فى الزنك الغفل والذي يتباخر قبله . ثم يتغير لون اللهب بعد ذلك فيصبح أبيض ضاربا للخضرة ويكون مصحوبا بأبخرة بيضاء هى أبخرة الزنك . وتستمر هذه الأبخرة طوال مدة التقطير التى تستغرق نحو ١٢ ساعة . وفى خلالها يتكاثف الزنك فى القوابل على هيئة مسحوق لا يلبث أن يتحول الى سائل يسحب منها من وقت لآخر — بعد رفع الأبواق — ويستقبل فى ملاعق من الحديد ثم يصب على شكل ألواح أو سيقان أو قطع منشورية الشكل . وعند انتهاء التقطير تسحب الفضلات من المعوجات الى بقوة فى أسفل الفرن ، ثم يبدأ فى وضع شحنة جديدة وهكذا دواليك .

وكمية الزنك الناتجة من هذه الطريقة تختلف من ٣٠ — ٤٠ فى المائة ان كان المعدن الغفل يحتوى من الأصل على ٥٠ فى المائة من الزنك .

والزنك المستخلص بهذه الكيفية لا يكون نقيا لأنه يحتوى على كربون وحديد وزرنيخ وكادميوم وكبريت ورصاص . ويمكن إزالة بعض هذه المواد منه بإعادة تقطيره .

استخلاص الزنك بطريقة التحليل الكهربائى — كان الحافز لاستخدام هذه الطريقة فى السنين الأخيرة ما يأتى :

(١) فقد نحو ٢٥ ٪ من عنصر الزنك في عملية الاستخلاص بأفران التقطير .

(٢) سرعة تآكل وتلف المعوجات في الأفران المذكورة .

(٣) الحاجة الشديدة الى زنك جيد خال من الحديد والرصاص لاستخدامه في صنع سبائك النحاس الأصفر .

ولقد أجريت محاولات عدة في أوقات مختلفة لاستخلاص الزنك بالكهرباء وذلك بتحميص الزنك الغفل وتحويله الى مركب قابل للذوبان كالكبريتات أو الكلوريد ثم إذابة هذا المركب في الماء على هيئة محلول وإمرار تيار من الكهرباء فيه لتحليله . غير أن هذه المحاولات لم تصادف في بادئ الأمر إلا قليلا من النجاح للأسباب الآتية :

(أ) عظم القدرة الكهربائية اللازمة لترسيب معدن رخيص كالزنك من محلوله وكثرة التكاليف المترتبة على ذلك .

(ب) صعوبة الحصول على قطب سالب يرسب الزنك عليه وصعوبة الحصول على راسب جيد متجانس .

(ج) صعوبة عمليات التحميص لتحويل المعدن الغفل إلى مركب قابل للذوبان ، وصعوبة تنقية هذا المحلول من المعادن الأخرى المختلطة به .

(د) قلة الطلب على الزنك النقي .

لكن في السنين الأخيرة اشتد الطلب على الزنك النقي لاستخدامه في سبائك النحاس الأصفر فكان ذلك حافزا قويا لموالاته التجارب حتى أمكن التغلب

على هذه الصعوبات ، فانتشر استخدام هذه الطريقة في الأماكن التي توافر فيها الزنك الغفل والقدرة الكهربائية الرخيصة . ومما زاد في انتشارها إمكان استخدامها في استخلاص الزنك من الغفل المحتوى على زنك ورصاص ونحاس وفضة وغيرها من المعادن .

وتستخدم هذه الطريقة على الأخص في استخلاص الزنك من كبريتيده . وتتخلص في تحميص كبريتيد الزنك (البلسد) على درجة حرارة منخفضة ما بين ٦٠٠ ، ٦٥٠ ° مئوية حتى يتحول الى كبريتات دون أن تتكون فيه سليكات أو غيرها من المواد غير القابلة للذوبان في الماء ، ثم يذاب المعدن الغفل المحمص في ماء محتو على نحو ١٠ ٪ من حامض الكبريتيك أو في محلول سبق استخدامه في عملية تحليل سابقة ، وبعد ذلك ينقى المحلول من أغلب المعادن المختلطة به ويوضع في أحواض من الخشب مبطنة بالرصاص أو في أحواض من الخرسانة مبطنة بالأسفلت طولها ٧ أقدام وعرضها ٣ أقدام وارتفاعها ١/٢ ٤ قدم ، مجهزة بسبعة وثلاثين قطبا يبعد الواحد منها عن مجاوره بوصتين ، ومنها ١٩ قطبا موجبا و ١٨ قطبا سالبا . والأقطاب الموجبة مصنوعة من ألواح الرصاص سمك ١/٤ بوصة والأقطاب السالبة من الألومنيوم سمك ١/٨ بوصة . ثم يساط على الحوض تيار كهربائي فيتحلل المحلول ويتجمع الزنك على القطب السالب ويزال كل ٤٨ ساعة حيث يكون سمكه قد بلغ نحو ١/٨ بوصة .

استخدام الزنك — يستخدم الزنك الآن بكثرة في جلفنة الألواح الصاج كما يستخدم في صنع بعض الأواني المنزلية وفي تبطين التلاجات . كذلك يستخدم بكثرة في عمل سبائك النحاس الأصفر والفضة الألمانية وغيرها مما سبق ذكره في الفصل الثالث عشر . ويستخدم مع القصدير والرصاص

والانتيمون في عمل سبائك أخرى سنشرحها في الفصل القادم ، وتعمل منه أيضا المواسير والأقفزة وغيرها من الأدوات اللازمة لمد الأسلاك الكهربائية في المنازل كما تعمل منه كثير من التماثيل والأدوات الرخيصة .

ومن أهم الأسباب التي دعت الى استخدام الزنك في الأقطاب السالبة للأعمدة الكهربائية هو عدم تأكلها الا عند غلق الدائرة الكهربائية . ولما كان الزنك النقي غالبا وصعب الحصول عليه استعمل الزنك التجاري لهذا الغرض بعد ملغمته بالزئبق فبذلك يكتسب تلك الخاصية .

الفصل الخامس عشر

القصدير

القصدير معدن قديم جدا اكتشفت قطع غير قليلة منه في مقابر قدماء المصريين ، وهذا دليل قاطع على معرفة الأقدمين له ، واستخدامهم إياه في أغراضهم الصناعية والزخرفية . كذلك استخدمه قدماء الهنود واليونان بكثرة . وكان الهنود يسمونه "كاستيرا" واليونان يسمونه "كاستيروس" ويغلب على الظن أن لفظة "قصدير" العربية قد عربت عن أحد هذين الاسمين .

وهو معدن أبيض لامع يضرب قليلا الى الزرقة الباهتة . أشد صلابة (نشوفة) من الرصاص وأطرى من الزنك ، يمكن خدشه وقطعه بسهولة بواسطة سكين . يقبل الطرق والسحب حتى يمكن طرقه الى رقائق يختلف سمكها من ٠,٠١ الى ٠,١ من المليمتر كما يمكن سحبه الى أسلاك دقيقة . وبالتسخين تزداد قابليته للسحب فتصل الى أقصى حدودها عند درجة ١٠٠° مئوية ، لكنه ينقلب هشاً جداً عند درجة ٢٠٠° مئوية حتى يمكن سحقه . ينصهر على درجة ٢٣٠° مئوية وعند تجمده يظهر عليه ميل واضح للتبلور . سهل الثنى وعند ثنيه يحدث صوتاً شبيهاً بالأزيز ، ويعزى هذا الصوت الى احتكاك البلورات عند انزلاق بعضها على بعض . وإذا غمر في مخلوط مكون من حامض الأزوتيك والكبريتيك المخففين يتجمد سطحه الخارجى على صورة بلورات جميلة يأخذ شكلاً متماوجاً يسمى "الموريه المعدنى" ويستفاد

من هذه الخاصية في زخرفة المعادن بطلائها بالقصدير وغمرها في خليط الحامضين المذكورين ثم دهانها بالورنيش المختلف الألوان .

ويغلي القصدير على درجة ٢٢٧٥° مئوية ويتبخر تباعدا محسوسا على درجة ١٢٠٠° م. وإذا سخن في الهواء يحترق ما بين درجتي ١٥٠٠° و ١٦٠٠° م. بلهب أبيض ويتحول الى أكسيد . وإذا سخن مدة من الزمن في الهواء الى درجة تملو درجة انصهاره تتكون عليه رغوة بيضاء ضاربة للاصفرار هي أكسيد القصدير . وإذا برد الى ما تحت درجة ١٨° مئوية يتحول الى مسحوق ذي لون رمادي في الغالب وهذا التحول كثيرا ما يحدث من تلقاء نفسه في أيام الشتاء .

والقصدير النقي إن صب على شكل قطع منشورية الشكل في درجة حرارة منخفضة يصبح لامعا عند تجده . فان كان مختلطا بمواد أخرى تنطفئ هذه اللعة بدرجة تناسب وكمية المواد المختلطة به .

ولا يتأثر القصدير بالهواء الجوى — رطبا كان أم جافا — في درجات الحرارة العادية فيحتفظ بلونه ولمعته كما أنه لا يتأثر بالأحماض النباتية ولا بالعصير الحيوانى . ولهذا السبب يستخدم بكثرة في طلاء أوانى المطابخ وفي صنع الصفائح (العلب) المستعملة في حفظ المأكولات والفاكهة وما شابههما . لكنه يتأثر بالأحماض غير العضوية كأحماض الكبريتيك والكلورودريك والأزوتيك .

القصدير الغفل — يوجد القصدير دائما كمعدن غفل ويوجد في شبه جزيرة الملايو وأرخبيلها وفي أستراليا وبوهيميا وبوليفيا ونيجيريا والولايات المتحدة والمكسيك وما يوجد منه في الملايو كثير جدا حتى أنه يستخلص منه نحو ثلث مقطوعة العالم كله من القصدير .

واهم أنواع القصدير الغفل هو (القصدير) وتركيبه الكيميائي (١٢)
أى أوكسيد القصدير . لونه إما ضارب للأصفرار وإما أسود . وهو صلب
لا يمكن خدشه بسكين . وله لمعة شديدة . ويوجد في الطبيعة إما على شكل
بلورات كبيرة منتشرة بين طبقات الصخور أو الأرض على هيئة عروق
واضحة . وإما على شكل حبيبات صغيرة صلبة موزعة في الكتل الصخرية .
وقد يوجد القصدير في بعض المناطق متخلقا في قاع الأنهار وذلك من
تفتت الأحجار المحتوية عليه بتأثير الجوفتحمله المياه الى قاع الأنهار .

ويوجد القصدير على الدوام مختلطا بالطفل والصخور وبغفل بعض
المعادن الأخرى أخصها بيريطيس النحاس والحديد وكبريتيد الرصاص
وكبريتيد الزنك والزرنيخ وتنجستات الحديد .

تجهيز القصدير الغفل — يفصل القصدير الغفل عن أخلاطه الطفلية
والصخرية — إن كان على شكل حبيبات — بغسله في تيار من الماء
فيحمل التيار معه الأخلاط الخفيفة ويترك القصدير الغفل في موضعه . لكنه
إن كان على شكل بلورات كبيرة يكسر أولا بواسطة ماكينات التكسير ثم
يفرز من أخلاطه باليد وتجري عليه بعد ذلك عملية الغسيل لإزالة بقية
الأخلاط منه .

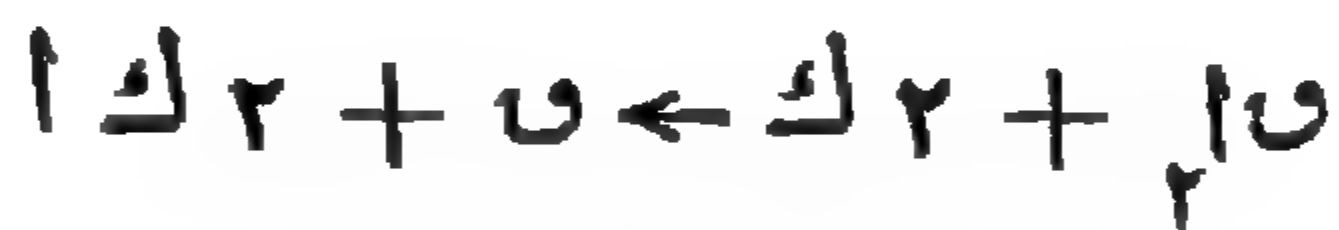
تكليس القصدير الغفل — يكلس القصدير الغفل لإزالة أغلب ما به من
الزرنيخ والكبريت فيوضع في أفران كبيرة الحجم من النوع العاكس ، ويسخن
الى درجة حرارة منخفضة منعا من التصاق بعضه ببعض ، ويقلب كل
عشرين دقيقة تقريبا بطريقة آلية . وفي خلال التحميص يتحد الزرنيخ مع
أوكسجين الهواء ، ويتحول الى أوكسيد الزرنيخ الذي يخرج من الفرن على صورة
غاز يتكاثف في مجار طويلة معدة خصوصا له حيث يجمع منها . ويحترق

الكبريت فيتحول الى ثانى أوكسيد الكبريت . أما النحاس فتتحول كمية كبيرة منه الى كبريتات النحاس .

وبعد انتهاء التكلّيس يرطب المعدن الغفل المكلس بالماء ، ويجمع على شكل أكوام ويترك فى الهواء بضعة أيام لتحويل بعض كبريتيد المعادن المختلطة به الى كبريتات قابلة للذوبان . وبعد ذلك يوضع فى أحواض مملوءة بالماء ويقلب فيها فتذوب منه كبريتات تلك المعادن وغيرها من المواد القابلة للذوبان . وما يتبقى بعد ذلك يكون مركبا على الأخص من أوكسيد القصدير والحديد ، فيهبط الأول الى قاع الحوض ويهبط الثانى فوقه حيث يفصل عنه بالغسيل . وإذا تخلف فى القصدير الغفل بعد التكلّيس معدن التانجستن فانه يفصل أحيانا هو والحديد بإمرار المعدن الغفل تحت تأثير مغناطيس قوى يفصلهما منه .

استخلاص القصدير من غفله — يتم بطريقة الاختزان بأن يصهر أوكسيد القصدير فى فرن من النوع العاكس بعد أن يخلط بمسحوق فحم الإتراسيت ويصنع فرش هذا الفرن من ألواح سميكة من الازدواز ، تتركز على سيقان من الحديد ، وتبطن بالطين الحرارى . وتتألف الشحنة من نحو طن واحد من أوكسيد القصدير مختلط بثلاثة أو أربعة قناطير من مسحوق فحم الإتراسيت تبعا لدرجة نقاء الأوكسيد ، يضاف إليها جزء من الجير إن كان الأوكسيد محتويا على السليكا وترطب الشحنة بالماء لتماسك ولا يتطاير منها المسحوق على شكل غبار أثناء الشحن . وبعد ذلك توضع فى الفرن وتغلق الأبواب جيدا ويحبش حولها بالطين الحرارى . ثم يبدأ فى تسخين الفرن على درجة حرارة منخفضة ويحافظ على هذه الدرجة مدة من الزمن لضمان إختزال أوكسيد القصدير ولئلا تكون سليكاته . وبعد مضي مدة تتراوح بين

أربع أو خمس ساعات تقلب الشحنة جيدا ، ويضاف إليها كمية من مسحوق فحم الإتراسيت ، ثم يستمر التسخين ساعة أخرى وتقلب الشحنة دفعة ثانية وتترك برهة من الزمن حتى تهدأ ، ثم تفتح مدادة ثقب الفرن فيسيل القصدير منه ومعه النخب المنصهر المختلط به ، ويستقبل الجميع في ملعقة مبطنة بالطين الحرارى ، فيطفون النخب على سطح الملعقة حيث يفصل عنها ، ويتجمع على حدة لإعادة صهره واستخلاص باقى القصدير منه لأن هذا النخب يحتوى على نحو ٢٠٪ من القصدير زيادة عن الجير والألومينا وسليكات الحديد والتانجستن . أما المعدن المنصهر فانه يصب من الملاعق فى قوالب على شكل تماسيح (كُل) يختلف وزن الواحد منها من ٢ إلى ٤ قناطير . وتحتوى هذه التماسيح على نسب صغيرة من الحديد والزنبيخ والكبريت والنحاس الخ . وعلى ذلك يلزم تكريرها . وعملية الاختزال تمثل كما يأتى :



أوكسيد القصدير + كربون = قصدير + أول أوكسيد الكربون

ويختزل القصدير الغفل أيضا فى نوع صغير من الأفران العالية وتتكون الشحنة حينئذ من القصدير الغفل ومعه وقود فحم الخشب . ومع أن هذه الأفران يفقد فيها من القصدير أكثر مما يفقد فى طريقة الأفران العاكسة السابق شرحها إلا أنها لا تزال تستخدم فى سكسونيا والهند الشرقية وغيرها نظرا لنقاء القصدير المستخلص منها .

تكرير القصدير — تكرر تماسيح القصدير بصهرها فى أفران عاكسة فرش مرقدتها أكثر ميلا من فرش الأفران المستخدمة فى عملية الاختزال ، ويلاحظ ألا ترتفع حرارة الفرن إلا قليلا فوق درجة انصهار القصدير حتى

لا تنصهر المواد الأخرى المختلطة به . بل تظل كما هي فتطفو خبثا على سطح القصدير المنصهر . وعند تمام إنصهار القصدير تفتح سداة ثقب الفرن فيسيل القصدير منه في مجار مخصوصة تنقله إلى قدر الغليان . أما الخبث فيهبط إلى فرش المرقد على هيئة كتلة معدنية إسفنجية ناشفة هشة لونها أبيض ضارب للإصفرار . وتحتوى على حديد وزرنيخ وكبريت ونحاس .

وقدّر الغليان وعاء من الحديد يبلغ قطره نحوه أقدام ، تعلوه رافعة يعلق بها ساق من الخشب الأخضر يمكن بواسطة تحريك المعدن المنصهر . ويوقد تحت القدر فيتصاعد منه بخار ماء وغازات تحدث في المعدن اضطرابا شبيها بالغليان وتعرض سطحه المضطرب لفعل الهواء المؤكسد فتأكسد العناصر المختلطة به وتطفو على وجهه وتزال منه من آونة لأخرى . ويستمر ذلك إلى أن يتم تكرير المعدن ، ويستغرق من ساعة إلى ثماني ساعات وأحيانا أكثر تبعا لدرجة النقاء المطلوبة . ثم يصب المعدن بعد ذلك في قوالب وتختبر درجة نقائه بصب كتل صغيرة منه في قوالب . فان خرجت تلك الكتل عند تبريدها لامعة ومستديرة الأركان يكون هذا دليلا على نقاء القصدير .

أنواع القصدير — يعرض القصدير في السوق على نوعين وهما :

(١) القصدير التجارى — ويستخلص عادة من قصدير غفل متوسط النقاء أو قليله . يختزل ثم يكرر بالطرق السابقة ويعرف وهو مضطرب من قدر الغليان بواسطة ملعقة ثم يصب في قوالب تصنع غالبا من حجر الجرانيت .

(٢) القصدير الحبيبي — وهو أنقى من القصدير التجارى ، ويستخلص من قصدير غفل جيد النقاء . يختزل ثم يكرر بالطرق السابقة ، غير أنه يمكث في عملية التكرير أكثر من ثماني ساعات . ولا يعرف وهو مضطرب بل يترك في قدر الغليان مدة من الزمن حتى يزول الإضطراب منه فتسب المواد

المختلطة به في قاع القدر . ثم يغرف المعدن السائل من المناطق العليا للقدر ويصب في قوالب على شكل كتل أما المعدن الموجود في المناطق السفلى فيعاد تكريره لإزالة ما به من المواد الغريبة .

ويستخلص القصدير أحيانا من القصدير الحردة بمعالجة الأخير بمواد مذيبة مثل الكلور .

وقد عولج الاستخلاص بالطريقة الكهربائية ^(١) فكانت درجة النجاح ضعيفة لا تبرر استخدام هذه الطريقة تجاريا .

استخدام القصدير — أهم ما يستخدم فيه القصدير طلاء المشغولات الحديدية من صاج وسامير وخلافه لوقايتها من التأكسد . وسبق أن شرحنا طريقة الطلاء بالتفصيل . كذلك يستخدم في طلاء الأواني النحاسية لحمايتها من تكون الأملاح السامة عليها . وذلك بتنظيفها جيدا ثم تسخينها إلى ما فوق درجة انصهار القصدير بقليل ، ويرش عليها النشادر ثم يدعك عليها القصدير فينصهر ويعاد دعه بقطعة من القماش فيلتصق بسطحها ويكون طلاء متينا ، وتكفي أوقية مصرية من القصدير لطلاء نحو متر مسطح من النحاس .

ويخلط مع النحاس لصنع السبائك البرنزية وخلافها ويخلط أيضا مع بعض المعادن الأخرى لعمل السبائك الآتية :

(١) تستخدم الطرائق الكهربائية في الوقت الحاضر بنجاح عظيم في أمريكا في تكرير القصدير

وأهمها طريقة هويتهد (Whitehead)

(١) سبائك القصدير مع الرصاص والأنتيمون والزنك . وهذه السبائك تستخدم غالبا في صنع مادة اللحام وحروف الطباعة وغيرها ويتحول أغلبها إلى عجينة قبل تجدها وهي :

التركيب	الخصائص	الأوصاف والاستخدام
القصدير	الزئبق	الزئبق
١١	١	أبيض قابل للطرق جدا .
٥٠	٥٠	صلب وقابل للسبك .
٤٥	٤٥	قابل للسبك وللحفر .
٣	١	صلب ومتماسك .
٢	١	ينصهر على درجة حرارة أقل من جميع الأنواع الأخرى .
١	١	يستخدم في لحام السمكية .
١	٢	يستخدم في أعمال سباكة الرصاص كلحام المواسير الرصاصية وخلافها .
٨٠	٢٠	يستخدم في صنع حروف الطباعة العادية .
٦٠	٢٠	يستخدم في صنع حروف الطباعة الصغيرة .
٢٠	٢٠	يتمدد عند برودته .
٢٠	٢٠	ينصهر على درجة حرارة منخفضة ويضاف إليه أحيانا البزموت لتخفيض درجة صهره .

(٢) سبائك القصدير مع الرصاص والبزموت والكاديوم وتستخدم هذه السبائك في صنع مسامير الخفير للمراجل البخارية وفي صنع مواد اللحام السريعة كما هو مبين في الجدول الآتي :

الأوصاف والاستخدام	التركيب			
	كادميوم	يزنوت	رصاص	قصدير
تعمل منهما مسامير الخفير للرجال وتؤخذ عليهما طبقات الإسمطيات . يتمددان عند برودتهما تستخدم في اللحام السريع	١٢,٥	٥٠ ٥٠	٣٠ ٢٥	٢٠ ١٢,٥
		١١,٨	٢٩,٤	٥٨,٨

كذلك تعمل من القصدير السبيكة المعروفة باسم "معدن بريطانيا" والتي تستخدم في صنع الملاعق والصحائف (الصحن) وتركب من ٧٥ — ٩٤ قصديرومن صفر إلى ٨ رصاص ومن ١ إلى ٩ زنك ومن ٥ إلى ٢٥ انتيمون. كذلك يذاب القصدير في الزئبق ويصنع منهما ملغم يستخدم في طلاء المرايات.

الفصل السادس عشر

الرصاص

كان الرصاص معروفا لدى قدماء المصريين واستخدمه الرومان في صنع مواسير المياه كما استخدموا بعض مركباته في صنع دهانات مختلفة للجلد والشعر وفي صنع البويات .

وهو عنصر معدني ذو لون سنجابي ضارب للزرقة . مقطعه فضي شديد البريق عقب قطعه مباشرة . فان عرض للهواء العادي ينطفئ بريقه حالا ، لا يتأثر بالهواء الجاف . ويتأثر بالهواء الرطب . واذا غمر في الماء المعرض للجو يكتسى سطحه بغشاء رقيق من أوكسيد الرصاص (PbO) الذي يتحول فيما بعد الى كربوناته . لدن جدا حتى ليكن قطعه بسكين أو خدشه بأظافر اليد . عند إمراره على ورقة بيضاء يترك فيها أثرا سنجابيا ، ينشف اذا اختلط ولو بنسبة ضئيلة جدا من الأنثيمون أو الزرنيخ أو النحاس أو الزنك . لا يتحمل الطرق ولا السحب الكثيرين ، لكنه يتحمل الضغط فيمكن تحويله الى رقائق بإمراره في آلات الجلخ ، كما يمكن كبس برادته الى كُتل متماسكة ان ضغطت بمعدل ١٣ طنا على البوصة المربعة . يقبل اللحام وهو بارد على شرط أن يكون سطحه نظيفا جدا ، ويمكن بهذه الطريقة لحامه مع القصدير بأن يطبق لوح منه على لوح من القصدير ويوضع اللوحان في آلة الجلخ فيلتحمان ، ويكونان لوحا واحدا . يمتاز بقابليته الشديدة للإنسياب (البسك) لذلك تصنع منه المواسير بضغط كُتل الرصاص حول قوالب خاصة بالضغط المائي . ينصهر على درجة ٣٣٠° مئوية ويغلي على درجة ١٥٢٥°م

وإذا برد يبطء يتجمد على شكل بلورات . ينكش عند تجده فلا يصلح
للمسبوكات .

يذوب بسرعة في حامض الأزوتيك المخفف . لا يتأثر إلا قليلا اذا غمر
في حامض الكلورديك أو الكبريتيك المخففين لأن سطحه يكتسى عندئذ
بقشرة غير قابلة للذوبان من كلوريد الرصاص أو كبريتاته تبقى بقية المعدن
من فعل الحامض ، وإذا غمر مسحوق الرصاص في حامض الكلورديك
أو الكبريتيك المركزين وهما في درجة الغليان يذوب فيهما بسرعة . يذوب
في الأحماض العضوية كحامض الخليك وما شاكله . وعلى ذلك يلزم الاحتياط
عند طلاء أواني المطبخ بالقصدير أن يكون القصدير خاليا بالكلية من
الرصاص ولا تكونت منه مركبات رصاصية سامة . يتأثر الرصاص بالماء
المحتوى على هواء أو نترات أو أملاح نشادر أو ثاني أكسيد الكربون .
وأملاح الرصاص القابلة للذوبان في الماء جميعها سامة ، لذلك يحتاط من
تكون هذه الأملاح في ماء الشرب بالمدن أثناء مروره بالمواسير الرصاصية
لا سيما إن كان هذا الماء يسرا ، لأنه يحتوي على هواء ^(١) مذاب فيه
فيتفاعل الرصاص مع الماء والهواء ويكون أملاحا سامة . وطريقة الاحتياط
أن يرشح الماء من وقت لآخر بإمراره خلال حجر الجير أو الطباشير (كربونات
الكلسيوم) فيحمل الماء جزءا كافيا من هذه الكربونات عديمة الذوبان
في الماء فتترسب على الجدران الداخلية للمواسير فتكسوها بطبقة مانعة تبقى
الرصاص من التفاعلات ومن تكون الأملاح السامة . وإذا استعملت المواسير
الرصاصية في نقل المياه اليسر أو المقطرة تظلي من الداخل بالقصدير لمنع تفاعل
الأوكسجين المذاب في هذه المياه مع الرصاص .

(١) يحتوي الهواء عادة على غاز ثاني أكسيد الكربون ونسب ضئيلة من ثاني أكسيد الكبريت .

وإذا سخن الرصاص في الهواء يتحد بسهولة مع الأوكسجين مكونا جملة أكاسيد نذكر منها أول أوكسيد الرصاص (س ١) المعروف باسم الليثارج أو المرتك الذهبي وهو أوكسيد أصفر اللون ينصهر عند تسخينه لدرجات الحرارة الحمراء . وإن رفعت حرارته للدرجات العالية (نحو ١٠٠٠° مئوية) يتحد مع السليكات مكونا سليكات الرصاص ، ولهذا السبب يستخدم بكثرة في صنع الزجاج البلورى ^(١) كالناس الصناعات والعدسات والكرستال الخ ... وللسبب نفسه لا يصهر في البنادق ولا المعوجات ولا الأفران ذات البطانات الرملية لأنه يحدث فيها تآكلا سريعا باتحاده مع السليكات الداخلة في تركيبها . وإذا سخن هذا الأوكسيد لدرجة حرارة منخفضة تحول لونه أصفر ويسمى حينئذ "ماسيكوت" ويستخدم في النقش والدهان وإن سخن الماسيكوت بعناية يتحد مع الأوكسجين ويحول إلى أوكسيد الرصاص الأحمر (س ١) المعروف في السوق باسم "السلقون" ^(٢) والذي يستخدم بكثرة في أعمال الدهان (البويات) .

وإذا سخن الرصاص مع الكبريت يتحد معه بسهولة مكونا كبريتيد الرصاص (س ٢) .

الرصاص الغفل — ويوجد في الطبيعة على هيئة كبريتيد أو كربونات أو كبريتات أو كلوريد فوسفات . وأهم أنواعه هي :

(١) الرصاص الغفل الأزرق أو (الجالتينا) — وتركيبه الكيميائي (س ٢) أي كبريتيد الرصاص وهو أهم أنواع الرصاص الغفل وأكثرها انتشارا . ثقيل

(١) يضاف إليه في هذه الحالة كربونات الكلسيوم .

(٢) يتعلق لون السلقون على طريقة تحضيره فيزداد لونه احمرارا بالتسخين ويزيادة التسخين

ينقلب الى اللون البنفسجي ثم الأسود .

هش ذولون معدني رمادي . يحتوي في أجود أنواعه على نحو ٨٧٪ من الرصاص . ويوجد عادة مختلطا بالكوارتز والكالسيت وبعض أنواع الحديد الغفل . كذلك كثيرا ما يوجد مختلطا بالبيريطيس والزنك الغفل والأنثيمون والذهب ويحتوي في الغالب على الفضة بنسبة كبيرة .

(٢) الرصاص الغفل الأبيض أو (السيروزيت) — وتركيبه الكيميائي (مركب ١) أي كربونات الرصاص . يوجد في كثير من الممالك ويكون في الغالب مختلطا بالفضة . لونه أبيض وأحيانا أصفر ووزنه أخف قليلا من الجالينا .

(٣) الرصاص الغفل الأخضر أو (البيرمورفيت) — وتركيبه الكيميائي (٣ مركب ١) (فوا ١) (٢ مركب ٢) أي كلوريد فوسفات . يوجد على شكل بلورات سداسية أو على شكل كتل خضراء أو بُنية . وزنه أخف من النوعين السابقين .

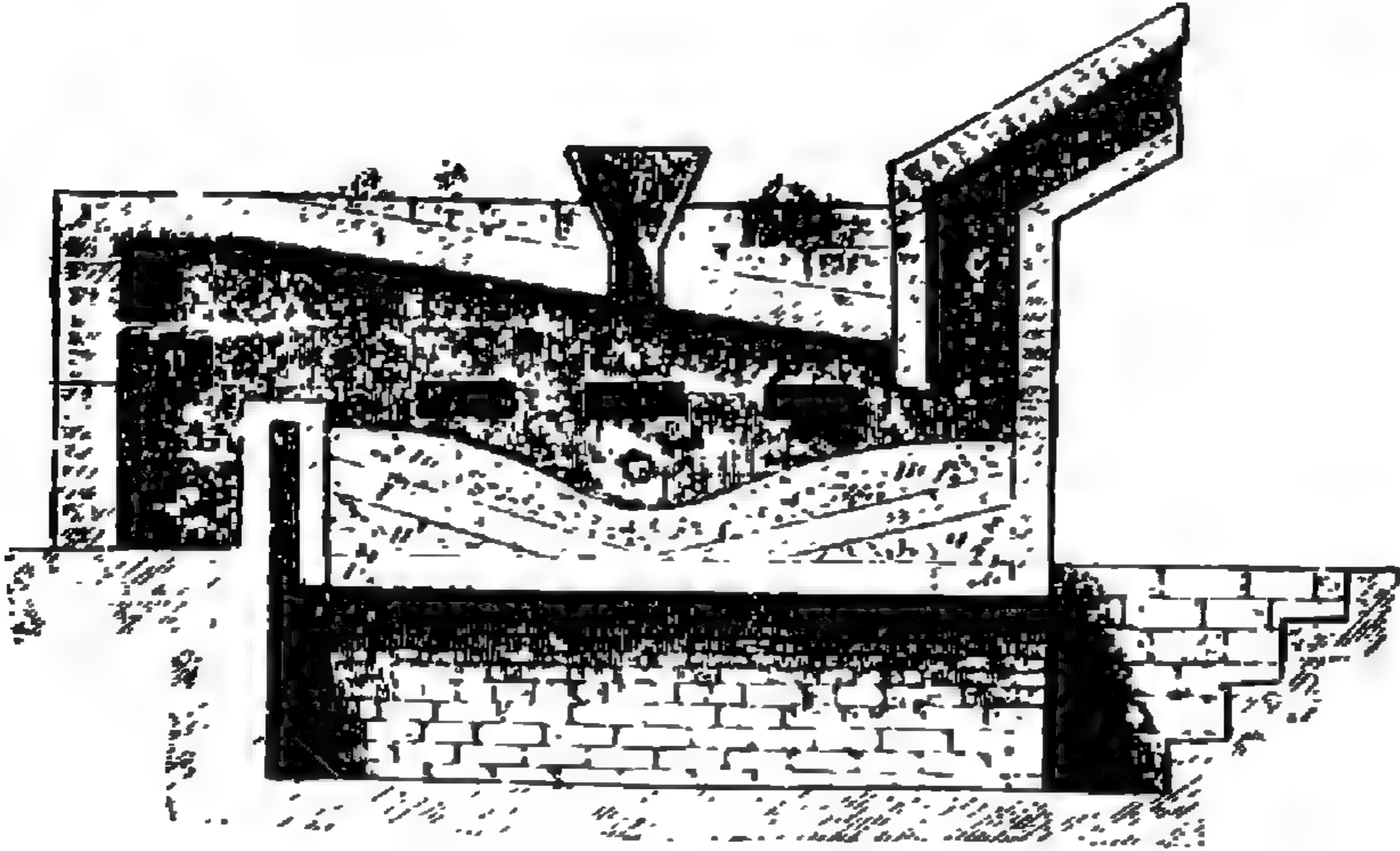
(٤) الانجليزيت أو كبريتات الرصاص — وتركيبه الكيميائي (مركب ١) ويوجد في الغالب مختلطا بالجالينا .

استخلاص الرصاص من غفله — تختلف طرائق استخلاص الرصاص تبعا لنوع المعدن الغفل والمنطقة التي يوجد فيها . وبالرغم من هذا الاختلاف يتم الاستخلاص — كما في النحاس — إما عن طريق التفاعل وإما عن طريق الاختزال . بيد أن التفاعل في النحاس يكون بتحريض الكبريتيد وصهره بضع مرات على التعاقب لتركيزه ، فيحول بعضه أثناء التحميص إلى كبريتات وأوكسيدات ، ويظل الباقي كما هو كبريتيد . وعند الصهر يتفاعل الكبريتيد مع الكبريتات والأوكسيدات . أما في الرصاص فيستغنى عن عمليات التحميص والصهر المتعاقبة لعدم الحاجة إلى التركيز إذ أن المعدن

الغفل يكون من الأصل غنيا بالرصاص ، فتتمكن معالجته دفعة واحدة تم فيها جميع التفاعلات اللازمة .

وفي حالة الاستخلاص بالاختزال يكون العامل المختزل الكربون أو الحديد (١) .

طرائق التفاعل — وتستخدم بكثرة في إنجلترا واسبانيا وفرنسا لإستخلاص الرصاص من الجالينا. وتختلف بعضها عن بعض في شكل الأفران وتفاصيلها تبعاً لدرجة نقاء الجالينا ومقدار المواد الأخرى المختلطة بها. وشكل (٦٧) يبين فرناً



(شكل ٦٧ — فرن التفاعل لاستخلاص الرصاص)

يستخدم في إحدى هذه الطرائق وهو من النوع العاكس له ثلاثة أبواب على كل جانب من جانب المرقد . ويطن فرش المرقد بنجث عجيني ناتج من العمليات السابقة فيوضع هذا النجث على استواء الأبواب الواقعة على أحد جانبي المرقد وينحدر على الجانب الآخر بحيث يعمل بخوة عمقها ١٨ بوصة أمام الباب المتوسط للجانب المذكور . ويوجد أسفل هذا الباب ثقب (ب)

(١) تستعمل أيضاً بدلا من الحديد مركباته أو نجثه .

ينخرج منه الرصاص المنصهر المتجمع في الفجوة حيث يستقبل في وعاء من الحديد موضوع خارج الفرن . ويغذى الفرن بالرصاص الغفل بواسطة قادوس مركب في السقف ، وتجرى عملية الاستخلاص في الفرن على الوجه الآتى :

توضع شحنة مقدارها نحو طن واحد من الرصاص الغفل في القادوس فتتحد منه الى الفرن الذى يكون ساخنا الى درجة الاحمرار من العمليات السابقة ، ثم تفرد الشحنة فوق الجزء المستوى من فرش المرقد بعيدا عن الفجوة وترك من ساعة الى ساعتين حتى تتحمص . وفى خلال ذلك تقلب من وقت لآخر لتعريض أكبر كمية منها للهواء الذى يدخل للفرن عن طريق الأبواب المفتوحة جزئيا ، وفى دور التحميص يراعى أن تكون حرارة النار المتقدة في الفرن منخفضة حتى لا تنصهر الجالينا ^(١) بل تتحمص فقط ، ويتحول جزء منها الى كبريتات الرصاص وأوكسيده . وعند تمام التحميص تغلق الأبواب وتوقد النار بشدة فترتفع درجة حرارة الفرن الى الاحمرار التام ، ويبدأ التفاعل بين الكبريتيد والأوكسيد والكبريتات فينفصل الرصاص بكيات كبيرة تتجمع في قاع الفجوة . وبما أن حرارة الفرن في هذا الوقت تكون دون درجة انصهار الجالينا فان الجزء الذى لم يتم التفاعل فيه يتحول الى عجينة فترفع هذه العجينة من الفجوة الى الجزء المستوى من الفرش وتفرد عليه وتفتح الأبواب لتبريدها حتى لا تنصهر ثم يضاف اليها قليل من الجير لتجمد ويعاد تحميصها لمدة نصف ساعة مع تقلبها خلال ذلك . فانا ما تم التحميص تقفل الأبواب ثانية وتوقد النار بشدة فترتفع درجة الحرارة ويتفاعل الجير مع سليكات الرصاص التى تكون قد تكونت أثناء العملية ليحولها الى أوكسيد الرصاص . وهذا

(١) درجة انصهار الجالينا أعلى من درجة انصهار الرصاص .

الأوكسيد مضافا اليه الأوكسيد المتكون بواسطة التحميص يتفاعلان مع كبريتيد الرصاص (الجالينا الباقية) وينتج من تفاعلها رصاص حر، ثم تعاد عملية إضافة الجير وتزداد مدة التحميص الى ساعة وتوقد النار بشدة فتم بذلك عملية الاستخلاص. ويضاف أحيانا خلال هذا الدور الأخير قليل من الفحم ليساعد على اختزال الأوكسيد. وفي النهاية يفتح الثقب (ب) ويستقبل الرصاص السائل في وعاء من الحديد موضوع خارج الفرن ويغطى بنخبث الرصاص وأوساخه التي تحتوى على نسبة غير قليلة من الرصاص ثم يرش فوقه بعض تراب الفحم ويقلب فيه فيتولد من ذلك غاز يحترق فوق سطح المعدن الساخن يذيب الرصاص من الخبث. وبعد انقضاء نحو ساعة على الرصاص في الوعاء تفتح سداة لاستخراجه منه.

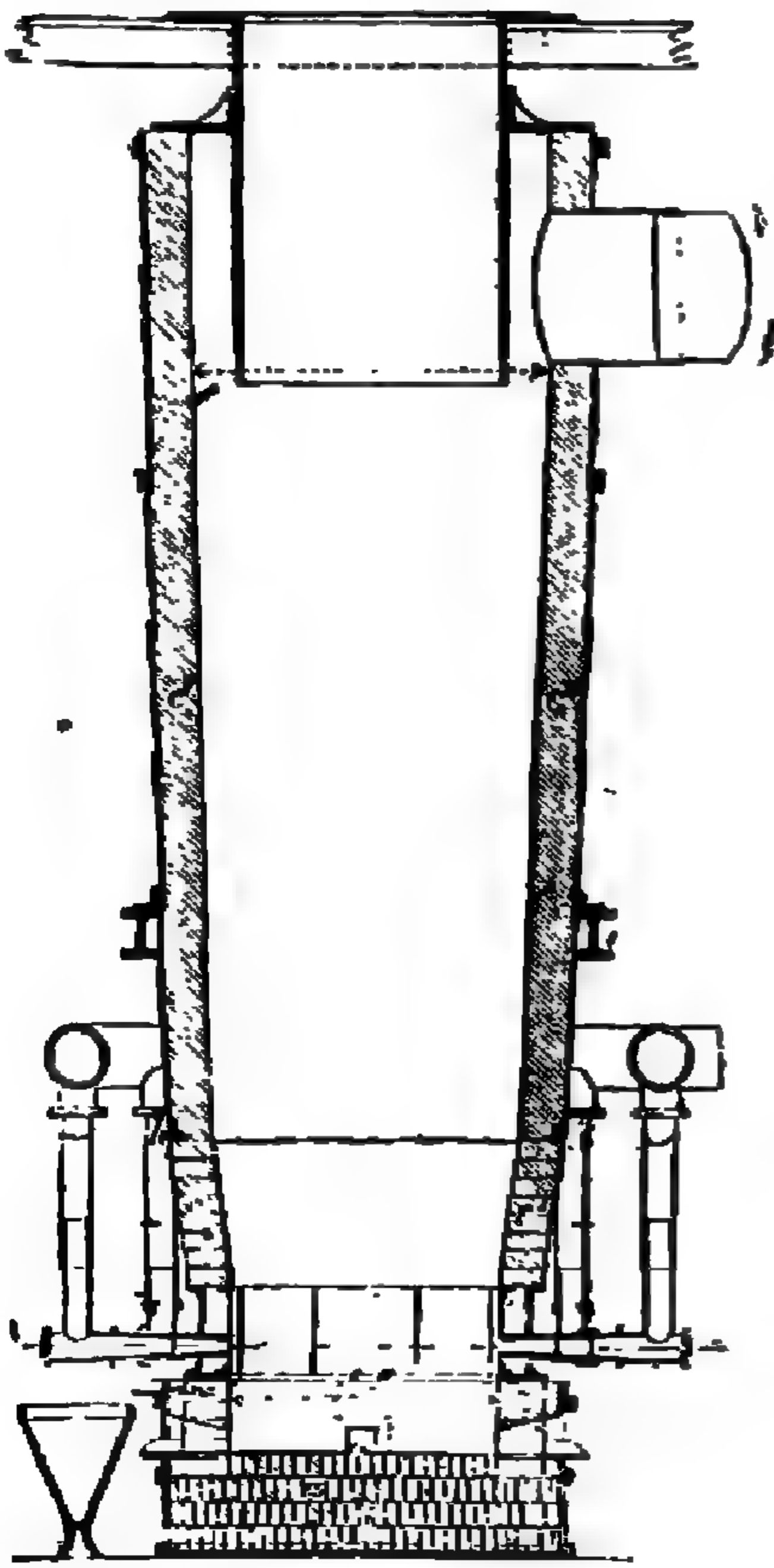
أما الخبث ومقداره نحو ٢٠٪ من الشحنة فانه يجمد نوعا ما بإضافة كمية من الجير اليه، ثم يسحب من الفرن على هيئة عجينة تحتوى على نحو ٤٠٪ من الرصاص على شكل سليكات وكبريتات وكبريتيد وتصهر في مواقد الخبث التي سيرد ذكرها بعد لاستخلاص الرصاص منه.

ولا تستخدم طرائق التفاعل إلا في الرصاص الغفل الخالي تقريبا من مركبات العناصر المعدنية الأخرى لأن وجود مركبات النحاس أو الأنثيمون فيه سريعا ما يحول الشحنة عند تحميصها الى عجينة متماسكة تعيق التحميص، وإن استخدمت هذه الطرائق في الرصاص الغفل المحتوى على مركبات الأنثيمون فان الرصاص المستخلص في بدء العملية فقط يكون خاليا تقريبا من الأنثيمون بعكس الرصاص المستخلص بعد ذلك.

طرائق الاختزال — تستخدم في استخلاص الرصاص من معدنه الغفل إن كان محتويا على بعض مركبات العناصر المعدنية. وأحيانا في استخلاص

الرصاص من الخبث . وتُجرى هذه الطرائق إما في أفران عاكسة وإما في نوع من الأفران العالية . وفي حالة الاستخلاص من المعدن الغفل يستخدم الحديد عادة كعامل مختزل . وإن كان المعدن الغفل فقيرا في الرصاص ومحتويا على نسبة كبيرة من كبريتيد الحديد تجرى عليه مبدئيا عملية تخبث وصهر لاستئصال الحديد وتركيز الرصاص .

وإننا نكتفى هنا بشرح كيفية الاستخلاص بواسطة الفرن العالي لأنها في الوقت الحاضر أهم الطرائق وأعظمها انتشارا .



(شكل ٦٨ — فرن عال ذو قبص مائي لاستخلاص الرصاص)

والمعدن الغفل المستخدم في هذه الطريقة ان لم يكن من الأنواع الممكن تحويلها الى أوكسيد كالكربونات أو الفوسفات يخبث (١) أولا في أفران عاكسة ثم ترفع درجة حرارته حتى يتماسك بعضه ببعض ، وبعد ذلك يخلط بمواد حديدية كالحديد الغفل أو خبث الحديد الناتج من أفران التقلب أو رماد البيريطيس الخ . ويخلط أيضا بمساعد صهر ملائم كالجير ويؤخذ الخليط ويصهر في فرن عال ذي قبص مائي كالمبين في شكل (٦٨) ويوضع معه وقود من الفحم الكوك ويسلط عليه تيار الهواء الوارد من الودانات . ويتم الاختزال في الفرن إما بتفاعل كبريتيد

(١) ان كان المعدن الغفل يحتوي على كبريتات يحول أغلبها الى كبريتيد عند التخبث .

الرصاص مع الرصاص الغفل القابل للتأكسد وإما بتأثير أول أكسيد الكربون الموجود في الوقود على أكسيد الرصاص ، وإما باتحاد الكبريت الموجود في كبريتيد الرصاص وغيره من مركبات الرصاص بالحديد الموجود في مركبات الحديد . وقد تضاف أحيانا كميات من الرصاص الغفل المحتوى على فضة ونحاس الى شحنة هذه الأفران فتختلط الفضة بالرصاص ويختلط النحاس بالخبث ويمكن بذلك فصل الفضة والنحاس عن كليهما . وعند تمام الاختزال ينتج من هذه الأفران ثلاث حاصلات وهى :

(١) الرصاص الناشف — ويحتوى على أغلب الفضة والذهب الموجودين من الأصل في المعدن الغفل . كما يحتوى على انثيمون وقصدير وبزموت ونحاس وقليل من الكوبالت والنيكل والزرنيخ . وهذه المواد تكسبه نشوفا تجعله غير صالح بحالته هذه للأغراض الصناعية . لذلك يلزم تكريره وإزالة نشوفته حتى يصلح للاستعمال .

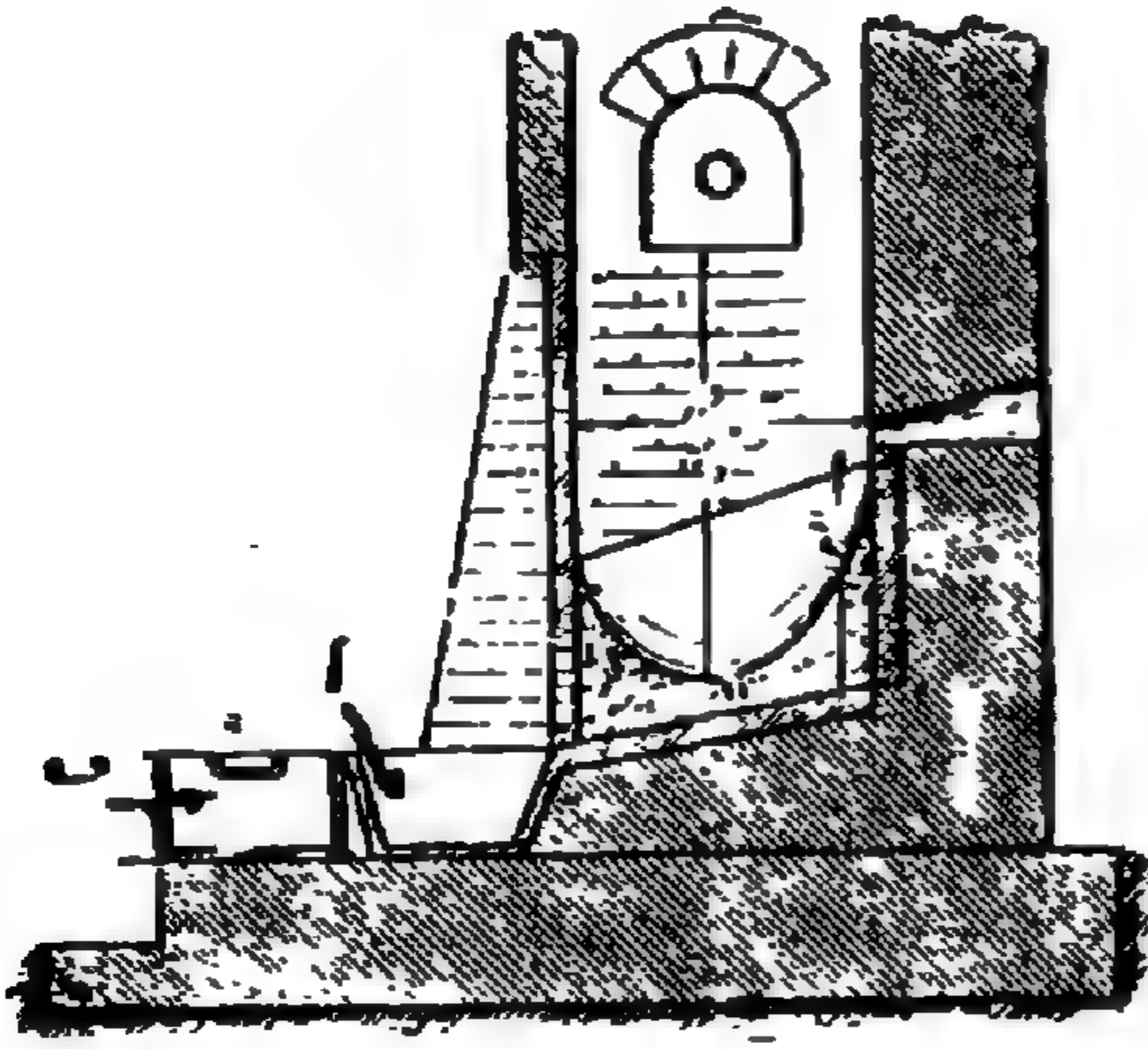
(٢) الركاز — ويحتوى على كبريتيد الحديد وكبريتيد الرصاص ثم على أغلب النحاس الموجود من الأصل في المعدن الغفل ، كما يحتوى أحيانا على بعض الفضة والذهب وغيرهما . وبما أن هذا الركاز يحتوى فى الغالب على نحو ١٢ ٪ من الرصاص فإنه يعاد تجميعه وصهره فى أفران أخرى فينتج منه أيضا ثلاث حاصلات وهى :

١ رصاص مختلط بنسبة كبيرة من الفضة ، وركاز مختلط بنسبة كبيرة من النحاس وخبث . فيؤخذ الركاز الأخير ويعاد تجميعه وصهره فينتج منه ركاز ثالث يحتوى على نحو ٢٠ ٪ من النحاس فيفصل النحاس منه .

(٣) الخبث — ويتركب من سليكات الحديد ومن الجير ويحتوى أحيانا على كميات غير قليلة من الألومينا وأكسيد الزنك وعلى رصاص ، فإن كانت نسبة

الرصاص أقل من ١٪ يستخدم هذا الخبث في بطانات الأفران وإن زادت هذه النسبة عن ١٪ يخلط بالمعدن الغفل لصهره واستخلاص الرصاص منه .
وهناك بضع طرائق أخرى ليست بذات أهمية ويضيق المقام عن ذكرها هنا ، لذلك رأينا إغفال شرحها .

مواقد الخبث — هي أفران صغيرة تشتغل بتيار الهواء المضغوط ، وتستخدم خصيصا لمعالجة الخبث المستخرج من الأفران العاكسة في طرائق التفاعل والمحتوى على نحو ٤٠٪ من الرصاص على شكل سليكات وكبريتيد وكبريتات . وشكل (٦٩) يبين موقدا من هذا النوع يملأ قاعه بالرماد^(١) ثم توقد النار فوقه ويوضع فوقها فحم الكوك ويسلط عليه تيار الهواء ، فيحترق ويسخن الموقد بأجمعه وبعد ذلك توضع الشحنة على



(شكل ٦٩ — موقد الخبث)

شكل طبقات متعاقبة من فحم الكوك وخبث الرصاص المختلط بخبث الحديد وتراب الفحم . وكلما انصهر الخبث هبطت الشحنة ووضعت طبقات جديدة حتى إذا ما انقضت سبع ساعات يوقف الشحن وتترك النار حتى

يتمدد من تلقاء نفسها . ثم تفتح سداة الموقد فيسيل الرصاص المنصهر منها إلى الحوض (أ) ومعه بعض الأوساخ فيرسب الرصاص في قاع الحوض وتطفو الأوساخ على سطحه ثم تفيض إلى الحوض (ب) والسبب في خلط

(١) يوضع الرماد لترشيح الرصاص المنصهر ويجزئه مما به من الأوساخ قبل خروجه من الموقد وأيضا لوقيته من التأكسد .

خبث الرصاص بمواد أخرى كتراب الفحم وخبث الحديد وغيرها هو أن خبث الرصاص يحتوى من الأصل على كمية كبيرة من الجير . والمواد الأخرى تحتوى على أكسيد الحديد وسليكا وألومينا فتتحد هذه المواد مع الجير من حرارة الموقد المرتفعة وتكون أكسيد الرصاص الذى يخرله الكربون الموجود فى فحم الكوك ويحوّله إلى رصاص . والرصاص الناتج من هذا الموقد يكون عادة غير نقي و يطلق عليه اسم "الرصاص الخبثي" .

تكرير الرصاص وإزالة نشوفته — سبق أن ذكرنا أن الرصاص الناشف المستخلص بواسطة الأفران العالية يحتوى على كميات من الفضة والذهب والأنثيمون والنحاس وغيرها من المواد الغريبة تكسبه نشوفة وتجعله غير صالح للأغراض الصناعية ، وبما أن هذا الوصف ينطبق على أغلب الرصاص المستخرج بالطرائق الأخرى ، لذلك وجب فصل هذه المواد منه حتى تزول نشوفته . وتفصل هذه المواد بالتأكسد فيوضع الرصاص فى فرن عاكس ويسخن لدرجة الاحمرار مع تعريضه للهواء أثناء التسخين فتتأكسد هذه المواد عدا الفضة والذهب ، ويتأكسد معها قليل من الرصاص ويطفو الأوكسيد جميعه على سطح المعدن المنصهر ويختلط ببعض الأوساخ مكونا خبثا ، يزال أولا بأول ليتعرض سطح المعدن لفعل الهواء المؤكسد . وان تحول الخبث لعجينة يضاف اليه من وقت لآخر كمية من الجير ليجمد فتسهل إزالته . وتتؤخذ عينات من الرصاص المنصهر بين فترة وأخرى وتصب فى قوالب صغيرة وتفحص فان جمد المعدن على شكل طبقات أو قشور رقيقة يكون هذا دليلا على زوال نشوفته ووصوله إلى درجة النقاء المطلوبة وعندها يُغرف من الأفران ويصب على هيئة كتل كبيرة (تماسيح) ^(١) ، والأوكسيد المستخرج من عملية التكرير يعالج لاستخلاص الرصاص منه .

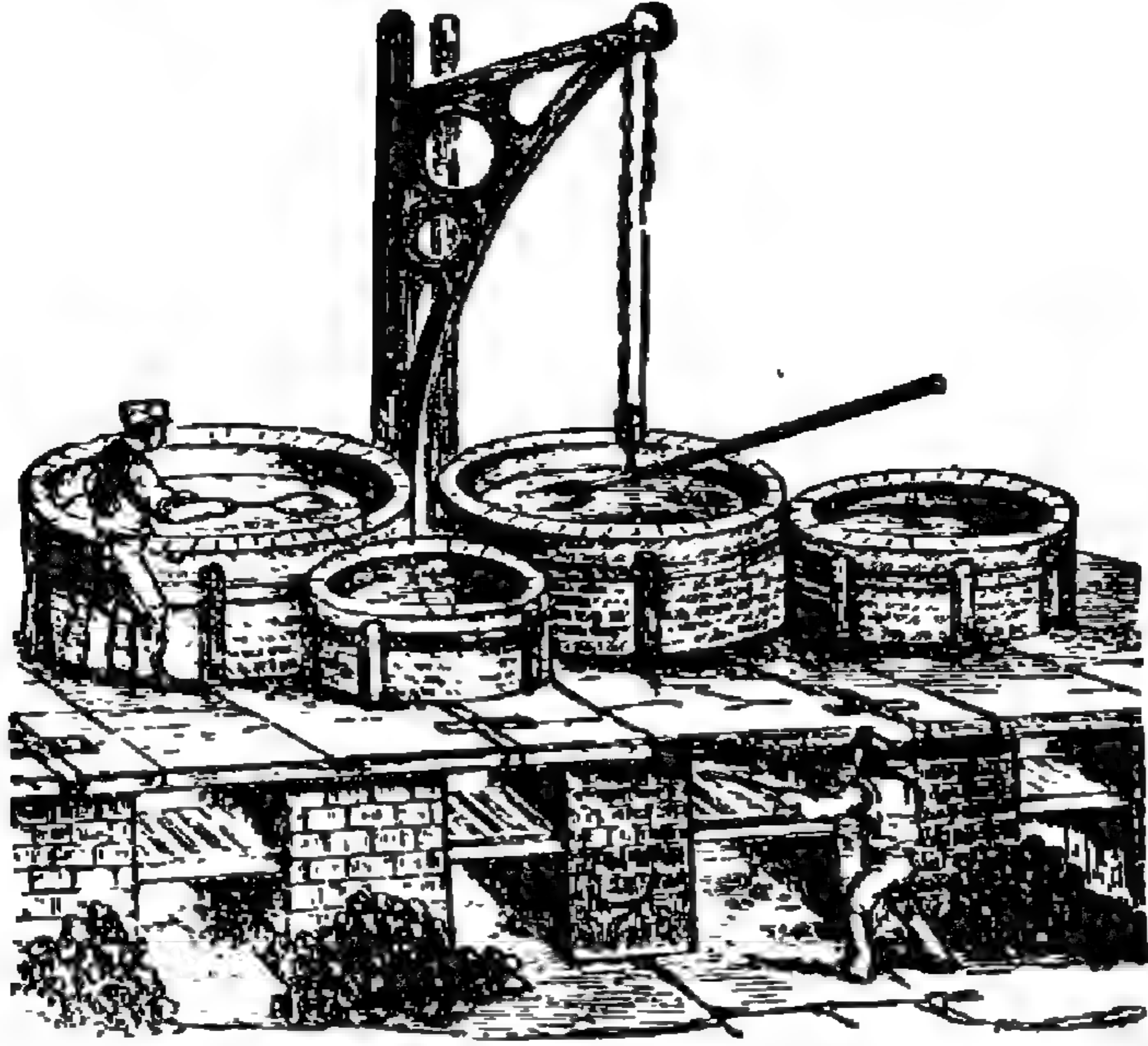
(١) تماسيح التماسيح لاستخلاص الذهب والفضة منها كما ستوضح ذلك بعد .

وإن كان الرصاص الناشف يحتوى من الأصل على كمية كبيرة من النحاس فإنه يلزم قبل تكريره بالطريقة السابقة الذكر صهره لفصل النحاس منه، وذلك لأن النحاس لا يتأكسد بسهولة في عملية التكرير. ويتم عملية الصهر في فرن من النوع العاكس له مرقد مرتفع من ناحية المدخنة ومنحدر ل ناحية بيت النار ودرجة حرارة الفرن يجوار المدخنة تكون أعلى من درجة انصهار الرصاص وأقل من درجة انصهار النحاس فيوضع المعدن أولا في الناحية المذكورة فينصهر منه الرصاص ، ويستخرج من الفرن ، وما يتبقى بعد ذلك يحرق ل ناحية النار فينصهر منه باقى الرصاص ويستخرج من الفرن أيضا ، وتتخلف بعد ذلك مادة تتركب من النحاس والنيكل والكوبالت .

استخلاص الفضة من الرصاص — توجد الفضة غالبا مختلطة بالرصاص الغفل وتنقل منه إلى الرصاص عند استخلاصه فتؤثر على خصائصه الطبيعية وتجعله ناشفا، لذلك وجب فصلها عنه حتى لو احتوى الطن ثلاث أوقيات من الفضة وذلك لطرية الرصاص من ناحية وللحصول على الفضة من ناحية أخرى وتفصل الفضة بطريقتين :

(الأولى) طريقة باتنسن (Pattinson) — وهى مؤسسة على أن درجة انصهار الخليط المركب من رصاص وفضة أقل من درجة انصهار الرصاص إذا كانت نسبة الفضة في الخليط أقل من ١٨.٠٪ ، على أن الرصاص وهو جامد أكبر كثافة منه وهو منصهر، وعلى ذلك يصهر الرصاص المحتوى على فضة في براميل حديدية موضوع بعضها بجانب بعض كما في شكل (٧٠) ثم تزال النار ويترك المعدن ليبرد ببطء مع تقلبيه باستمرار بواسطة ساق من الحديد وتسلط رشاش من الماء على سطحه من وقت لآخر حتى يجمد بعض الرصاص فيهبط الى قاع البرميل ويرفع منه بواسطة ملاعق طويلة مثقوبة وما يتبقى في البرميل بعد

ذلك يكون رصاصا غنيا بمعدن الفضة. وبتكرار تلك العملية عليه في البراميل يأتى وقت تتركز فيه الفضة في الرصاص بأقصى نسبة وعندئذ يفصل الرصاص



(شكل ٧٠ — طريقة تنقية الرصاص لاستخلاص الفضة)

بالطرق التي سيرد شرحها عند الكلام على الفضة، ولما كانت طريقة باتنسن طويلة ومسرقة وداعية لتأكد كمية كبيرة من الرصاص لذلك قل استعمالها وحلت محلها الطريقة الثانية .

(الثانية) طريقة باركس (Parkes) — وهى مؤسسة على فصل الفضة من الرصاص بواسطة الزنك وذلك بخاط الرصاص المنصهر بكمية من الزنك. وبما أن الزنك أشد قابلية للامتزاج بالفضة من الرصاص فإنه يمتزج بالفضة ويطفو كقشرة على وجه السائل فيرفع الوعاء عن النار ويترك ليبرد وتزال القشرة المتكونة من فضة وزنك وقليل من الرصاص من وقت لآخر إلى أن يبدأ السائل في التجمد فتعاد العملية مرة أو اثنتين تبعا لكمية الفضة الموجودة في الرصاص، ثم تعالج القشرة لاستخلاص الفضة منها بالطرائق التي سيرد ذكرها عن الفضة، أما الرصاص فيعاد صهره في فرن عاكس لفصل الزنك منه .

أبخرة الرصاص — الغازات الخارجة من أفران الرصاص تحمل معها كميات كبيرة من غبار الرصاص وأبخرته فضلا عن مركبات العناصر الأخرى الموجودة في الرصاص الغفل . ولما كان معظم هذه المركبات ساما وضارا بالصحة فإنها تكثف حتى لا تتسرب من المداخل وتهبط في المناطق المجاورة لمصانع استخلاص الرصاص . ولهذا السبب اضطرت بعض تلك المصانع إلى مد سراديب يبلغ طولها من ٥ إلى ٨ كيلومترات وقطرها من ٢,٥ إلى ٣ أمتار بين الأفران والمداخل فتمر الغازات بهذه السراديب وأثناء مرورها تتكاثف منها الأبخرة السامة على صورة تراب قبل أن تصل إلى المداخل . وقد امتنبت طرائق عدة لاستخلاص عناصر تلك الأتربة منها .

استخدام الرصاص — يستخدم الرصاص في كثير من الأعمال الزخرفية لسهولة تشكيله وثنيه وقطعه ولحامه ، ويستخدم أيضا في صنع مواسير المياه للأسباب نفسها وما له من خاصية المقاومة لفعل المياه وبعض الأحماض . وتعمل منه بعض الأحواض وتبطن به غرف استخراج حامض الكبريتيك وتغلف به بعض الأسلاك الكهربائية وتغطي به بعض الأسقف وتعمل منه ألواح البطاريات الكهربائية وبعض المصهرات الكهربائية ويصنع منه رصاص البنادق والرش ويدخل في تركيب كثير من السبائك المعدنية السابق ذكرها في الفصول الماضية .

الفصل السابع عشر

الفضة

الفضة معدن معروف من قديم الزمان . وقد لعبت دورا هاما في العصور الغابرة بالنسبة لسهولة استخلاصها من مركباتها . ويحتمل أن تكون اتخذت قاعدة للتعامل كالذهب في تلك العصور .

وهي عنصر معدني ، لونها أبيض براق ، ترى أحيانا صفراء ان انعكس الضوء على سطحها جملة مرات قبل أن يصل الى عين الرائي . رقائقها ذات لون أبيض ضارب للزرقة ، ومسحوقها المرسب من إضافة الزنك إلى محلول أزوتات الفضة ذولون رمادي ترابي . شديدة القابلية للطرق والسحب والصقل ، وقد أمكن عمل رقائق منها سمك ٠,٠٠٠٠١ من البوصة . أطرى من النحاس وأصلب (أنشف) من الذهب . يخلط بها الأول ليزيد من صلابتها وتخلط بالثاني لتريد من صلابته ، تفوق كل المعادن الأخرى في جودة توصيلها للحرارة والكهرباء . تنصهر على درجة ٩٥٠° مئوية . عند برودتها وتجمدها تنكش ، وإذا زاد التسخين عن درجة الانصهار تبدأ في التباخر الذي يشتد ما بين ١٢٠٠° ، ١٥٠٠° مئوية .

والفضة خصائص فذة ؛ فلا تتأثر بالهواء ولا بالماء ، ولا تصدأ إذا سخنت في الهواء أو في جو من الأوكسجين لكنها إن صهرت وهي نقية تمتص خلال انصهارها كمية كبيرة جدا من الأوكسجين تنبذها بشدة عندما تبرد وتجمد فيحدث الأوكسجين عند خروجه منها تنوءات غريبة الشكل في سطحها ، ويطلق على هذه الظاهرة اسم (بصق الفضة) وتستخدم دليلا للحكم على نقاء الفضة من عدمه إذ أنها لا تحدث في الفضة غير النقية .

وتتحد الفضة بسهولة مع الكبريت مكونة كبريتيد الفضة (فـ كـ ب) وهو مركب قائم اللون . يتحلل عند تسخينه في الهواء فيتحول إلى ثاني أوكسيد الكبريت وفضة . كما أنه يتحول إلى كلوريد الفضة بتأثير كلوريدات النحاس والصوديوم والحديد عليه . وبما أن الهواء الجوى يحتوى غالبا على كبريتيد الايدروجين (الايدروجين المكبرت) فإن هذا الكبريتيد يتفاعل مع الفضة عند تعريضها للهواء مكونا كبريتيد الفضة الذى يظهر على سطحها كغشاء رقيق قائم اللون . ويحصل مثل ذلك تماما للأواني الفضية إذا وضعت فيها مواد أو أطعمة كبريتية .

وللفضة أوكسيد يحصل عليه بطرق أخرى غير التعريض للجو . ومن خصائص هذا الأوكسيد أنه يفقد أوكسيجينه عند التسخين ، ويترك المعدن حرا .

تذوب الفضة بسهولة في حامض الأزوتيك ^(١) باردا كان أم ساخنا ، مخففا أم مركزا ، وتكون معه أزوتات الفضة (نترات الفضة) وتتفاعل مع حامض الكبريتيك المركز الساخن مكونة كبريتات الفضة ، لا تتأثر من حامض الكبريتيك المخفف ، وتتأثر ببطء شديد من حامض الكلورودريك المخفف في درجات الحرارة العادية . لكنها تتفاعل معه مكونة كلوريد الفضة في درجات الحرارة العالية . وكلوريد الفضة يذوب في محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) . ولا يذوب في الأحماض عدا حامض الكلورودريك فيذوب فيه قليلا .

(١) يستفاد من هذه الخاصية في فصل الذهب عن الفضة من سبائكهما فتوضع السبيكة

في حامض الأزوتيك فتذوب الفضة ويرسب الذهب قويا على هيئة مسحوق أسود .

ترسب الفضة من محاليل أملاحها إذا أضيف لهذه الأملاح الزنك أو النحاس أو الحديد أو بعض المعادن الأخرى .

الفضة البكر — توجد الفضة كمعدن بكر في أغلب أنحاء العالم إنما بكميات قليلة وتكون على صورة بلورات مختلفة الأشكال أو كتل أو طبقات أو حبوب موزعة في جسم الصخور . وقل أن توجد الفضة البكر بمفردها بل تكون دائماً مصحوبة ببعض أنواع الفضة الغفلة وبمعادن أخرى وبأخلاط طفلية وصخرية ، ويبلغ وزن كتل الفضة البكر أحيانا من ٥٠ إلى ٨٠٠ رطل . وقد عثروا مرة على كتلة بلغ وزنها ٩٠٠٠ رطل .

الفضة الغفلة — وأهم أنواعها هي :

(١) الأرجنتيت — وتركيبه الكيميائي (فـ كـ ب) أى كبريتيد الفضة . وهو أكثر الأنواع انتشارا في العالم . لونه رصاصي قاتم ، سهل الانصهار ، لدن يمكن قطعه بسكين ، ويحتوى على نحو ٨٦٪ من الفضة . يوجد غالبا على صورة كتل مختلطة بكبريتيد المعادن الأخرى ، لكنه يوجد أحيانا بحالة نقية غير مختلط بمركبات معدنية أخرى كما في الولايات المتحدة والمكسيك وبعض أنحاء المجر وألمانيا .

(٢) البيرارجيت — وهو مركب من الفضة والكبريت والانتيمون . يحتوى على نحو ٦٠٪ من الفضة . يوجد بكثرة في المكسيك وجنوب أمريكا وجنوب إفريقيا، والمجر والنرويج وسكسونيا وأسبانيا وغيرها . لونه أحمر قاتم أو عقيقى .

(٣) البراوستايت — وهو مركب من الفضة والزرنيخ والكبريت . لونه أحمر فاتح ويحتوى على نحو ٦٦٪ من الفضة . ويوجد في سكسونيا وبوهيميا وأسبانيا وغيرها .

(٤) الاستيفانيت، أو كبريتيد الفضة الهش — ويتركب من فضة وزرنيخ وأنتيمون وكبريت . يحتوى على نحو ٦٧٪ من الفضة ولونه حديدى قاتم .

(٥) كلوريد الفضة (ف كل) — يوجد بكثرة في أمريكا الجنوبية ويحتوى على نحو ٧٥٪ من الفضة . طرى جدا ولونه رمادى ضارب للزرقة ينقلب إلى بنى عند تعريضه للهواء .

ويوجد غير ماذكر أنواع غفلة عدة منها ما يدخل النحاس والزرنيخ والأنتيمون والرصاص في تركيبها على هيئة كبريتيد ، ومنها ما يكون على هيئة ملغم ، ومنها ما يكون على هيئة ايوديد أو بروميد .

استخلاص الفضة — تختلف طرائق استخلاص الفضة باختلاف أنواع غفلها أو بكرها والبلاد التي توجد فيها . ونظرا لإرتفاع ثمن الفضة فلا يدع المعدنون أى نوع من أنواع الفضة الغفلة أو البكر دون إستغلاله بل يذهبون أحيانا في سبيل الوصول لذلك إلى استخدام الوسائل الكيميائية الكثيرة التكاليف .

ويمكن حصر طرائق الاستخلاص في ثلاث وهى :

(١) طرائق الملمغة^(١) .

(٢) الطرائق الرطبة أو (المائية) .

(٣) طرائق الصهر .

طرائق الملمغة — تشمل جميع الطرائق التي تتحول بواسطتها الفضة مبدئيا إلى ملغم ، ثم تستخلص الفضة من الملغم بالتسخين فيتطاير الزئبق ويكتشف

(١) يمتزج الزئبق بكل من الذهب والفضة والزنك وغيرها ويكون عجينة تسمى ملغما .

في اوعية خاصة ، وتتخلف الفضة حرة . وتستخدم هذه الطرائق لاستخلاص الفضة من بكرها أو غفلها إن كان على هيئة كلوريد فان لم يكن كذلك يلزم تحويله أولا إلى كلوريد قبل ملغمته .

وتجرى الملغمة عادة أما على أرضية أو في أوعية .

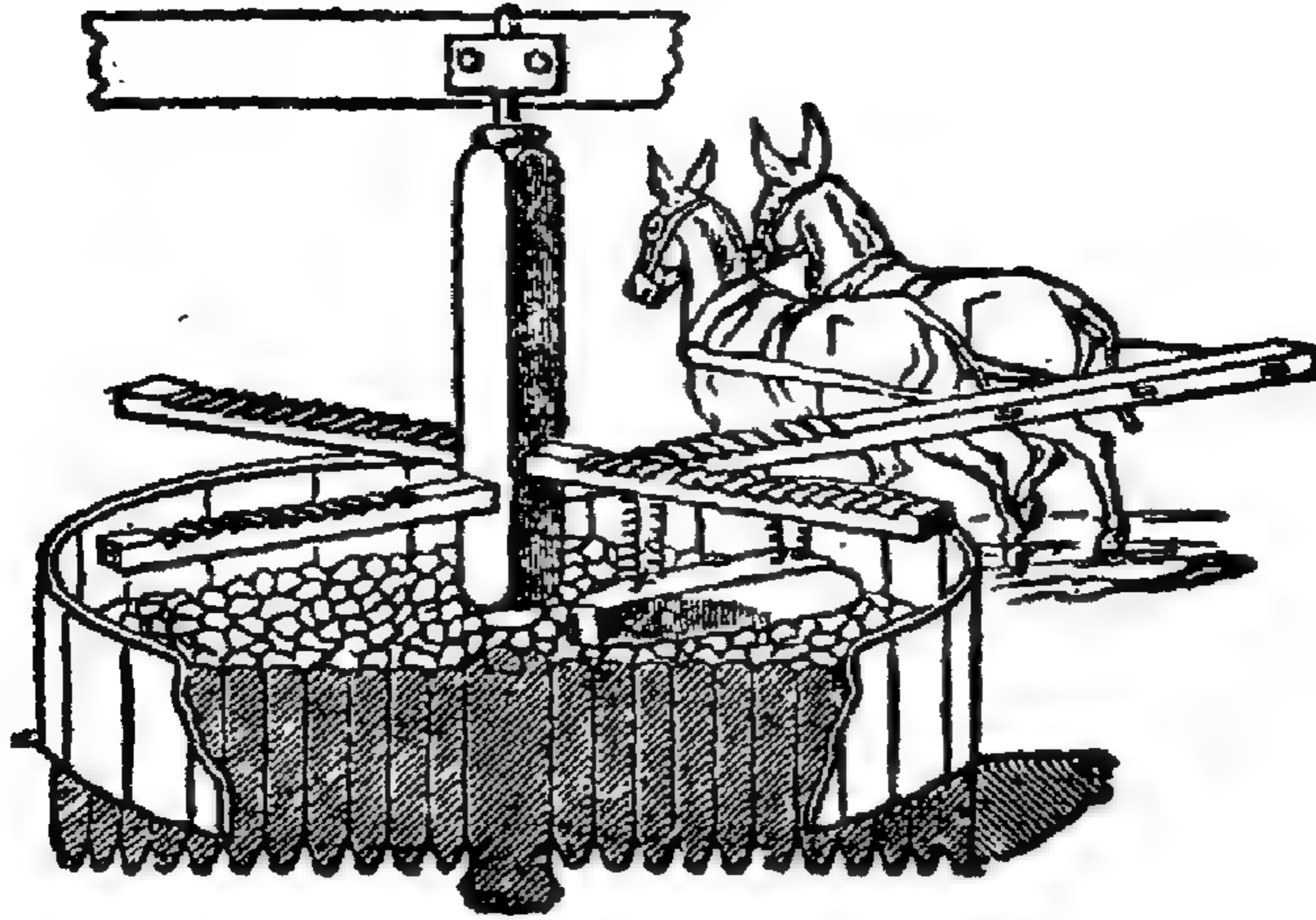
الملغمة على الأرضية — وتسمى أيضا طريقة الباتيو ^(١) . وهي طريقة تتجلى فيها السذاجة الفطرية بجميع معانيها ، ابتدعها أحد سكان المكسيك عام ١٥٥٧ ولا تزال مستعملة بكثرة إلى وقتنا هذا في تلك البلاد وفي بعض ممالك أمريكا الوسطى . ومع أن هذه الطريقة لا تتفق وروح العصر الحاضر وينظر إليها المعدنون المصريون نظره إلى الآثار القديمة إلا أنه لا يمكن في الواقع أن تعدل بها طريقة أخرى من الطرائق الحديثة إذا روعيت الظروف السائدة في الممالك التي تستخدم فيها هذه الطريقة من فقر المعدن الغفل ورخص اليد العاملة وقلة الوقود والقوى المحركة .

وتتأخذ هذه الطريقة في وضع المعدن الغفل ^(٢) بعد إخراجها من منجمه — بين يدي رجال ونساء عديدين يقومون بتكسير قطعه الكبيرة بواسطة مطارق يدوية (جوا كيش) إلى قطع صغيرة ويفصلون منها القطع التي تدلهم خبرتهم على عدم وجود المعدن فيها ثم يفرزون منها القطع الغنية بالمعدن ويضعونها على حدة لاستخلاص الفضة منها بواسطة الصهر وما يتبقى بعد ذلك يؤخذ لمعالجته بطريقة الملغمة فيكسر أولا بالمطارق اليدوية إلى قطع لا يزيد حجم الواحدة منها عن قبضة اليد ثم يوضع في طاحونة تدار بالبغال أو بهدارات مائية فيتحول إلى مسحوق خشن لا يصلح للملغمة فينتقل إلى نوع

(١) الباتيو (Patio) لفظة مكسيكية تطلق على الأرضية في هذه الطريقة .

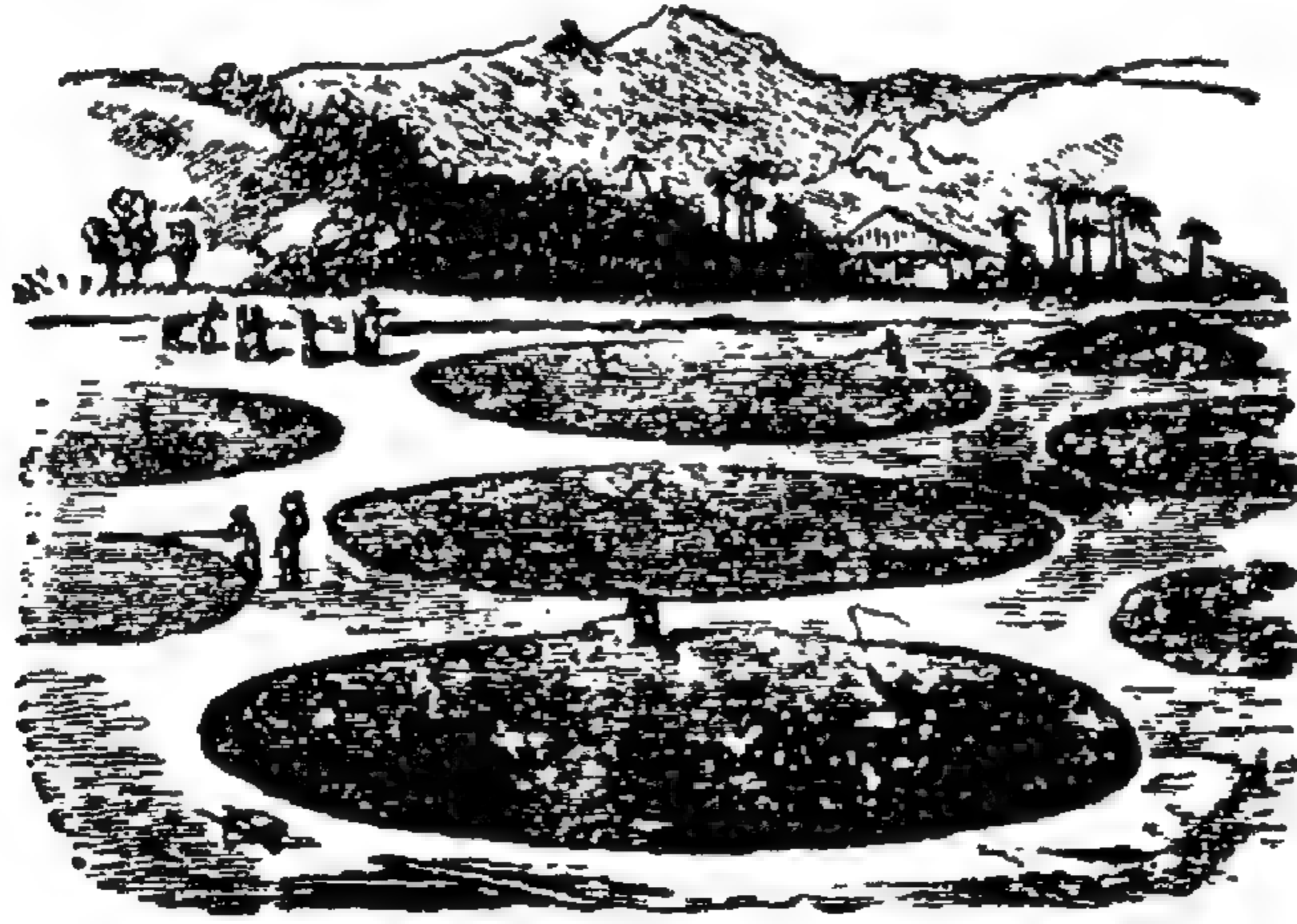
(٢) المعدن الغفل في أمريكا الوسطى والمكسيك يتركب في الغالب من خليط من كلوريد الفضة وكبريتيدها وفضة بكر .

آخر من الطواحين (أراسترا) إحداها مبينة في شكل (٧١) ويطحن فيها جيدا مع إضافة الماء اليه من وقت لآخر فيتحول الى طينة معدنية رقيقة جدا تشبه



(شكل ٧١ — طاحونة أراسترا)

الطمي في قوامها توضع بعد ذلك في أحواض مكشوفة معرضة لحرارة الشمس فيتبخر بعض الماء ثم تنقل الى الأرضية (الباتيو) المبينة في شكل (٧٢)



(شكل ٧٢ — الأرضية "الباتيو")

وهي أرضية مبلطة بالحجر ذات ميل خفيف يسمح بانسياب مياه التصافي منها وتقوم فيها جملة دوائر محاطة بجدران قصيرة من الحجر أو الخشب يختلف قطر الواحدة منها من ٤٠ إلى ٥٠ قدما . وعند وضع الطمي المعدني

في الدوائر يراعى أن يكون ارتفاعه ما بين ٦ و ١٢ بوصة ويترك ليتبخر بعض الماء منه حتى يتحول الى طينة رقيقة وعندها يضاف الى الطينة من ٣ الى ٥ في المائة من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) ثم تداس بأرجل البغال مع قلبها خلال ذلك للتأكد من خلطها جيدا وتترك لليوم التالي حيث يضاف اليها (الماجسترا) وهو خليط من كبريتات النحاس وكبريتات الحديد وكلوريدهما ، ويحصل عليه بتكليس يربطيس النحاس والحديد مع قليل من الملح . ويرش على الطينة في الوقت نفسه قليل من الزئبق ثم تداس جيدا مع التقليب من وقت لآخر عدة أيام . وفي خلال ذلك يفحص الملمغ مرارا بأخذ عينة منه وغسلها في وعاء . ففي الأيام الأولى تكون كريات الملمغ ذات لون رمادي ويمكن فصل الزئبق منها بسهولة بأصابع اليد .

وفي الأيام التالية تزداد صلابة واقتاما في اللون فان حصل ذلك ببطء تضاف الى الملمغ كمية أخرى من الماجسترا . وإن حصل بسرعة كان هذا دليلا على أن الماجسترا أكثر مما يلزم فيضاف الى الملمغ قليل من الجير وإن كانت الصلابة أكثر مما يلزم تضاف اليه كمية أخرى من الزئبق .

وتستغرق هذه العمليات المختلفة التي تجري فوق الأرض نحو ١٥ يوما في فصل الصيف ، وقد تزداد إلى ٤٥ يوما في الشتاء . وفي النهاية يضاف الى الملمغ كمية كبيرة من الزئبق يتراوح مقدارها بين ٥ ، ٦ أضعاف وزن الفضة الموجودة فيه لتجمع كريات الملمغ معا .

ثم تأتي بعد ذلك عملية الغسيل لإزالة الأخطا الأرضية من الملمغ فيوضع في أحواض من البناء دائرية الشكل تسمى أحواض الغسيل يقوم في وسط كل منها عمود مركب عليه قلابات ، ويسلط على الحوض تيار من الماء ، وتدار القلابات بشدة فتطفو الأخطا لحقتها على السطح حيث

يحملها التيار بعيدا ويرسب الملمغم في القاع لثقله . والغسيل بهذه الطريقة مسرف حيث تحمل الأخلاط معها جزءا قليلا من الزئبق والفضة .

فاذا ما انتهى الغسيل يؤخذ الملمغم ويوضع في أيكاس ويضغط لطرده الزئبق الزائد منه ، ثم يكبس على شكل أقراص ويسخن في معوجات فيتبخر الزئبق ويستقبل في أحواض حيث يكثف وتبقى الفضة حرة . وسنشرح عملية التكثيف بالتفصيل في الطريقة التالية .

ويمكن تلخيص المعالجة الكيميائية في طريقة الأرضية بتفاعل كبريتات النحاس مع كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) فيكونان كبريتات الصوديوم وبيكلوريد النحاس فيتفاعل الأخير مع كبريتيد الفضة والفضة البكر الموجودين في المعدن الغفل ، ويحولها إلى كلوريد الفضة الذي يذوب في محلول ملح الطعام فيساعد ذلك على تفاعله مع الزئبق الذي يضاف إليه ومع الزرنيخ والانتيمون والنحاس والقصدير والرصاص التي قد تكون موجودة من الأصل في المعدن الغفل ، فينتج من ذلك ملمغم فضة وكلوريد الزئبق والزرنيخ والانتيمون الخ .

ويرى من هذا أن ملح الطعام يؤدي وظيفة مزدوجة في هذه العملية فيحول كبريتات النحاس إلى بيكلوريد النحاس ويذيب كلوريد الفضة فيساعد على تحويله إلى ملمغم .

الملمغم في الأوعية — تستخدم بكثرة في الولايات المتحدة وفي بعض الممالك الأوروبية لاستخلاص الفضة من غفلها الكبريتي . والأوعية إما أن تكون على شكل براميل وإما أباريق وإما حال .

فالملمغم في البراميل وتدعى طريقة (فرايرج) تستخدم الآن في بعض الممالك الأوروبية . وتتلخص في تكليس المعدن الغفل بتسخينه مع ملح

الطعام لتحويله الى كلوريد ، ثم يوضع في برميل محمول في منتصفه نخضاضة اللبن ، تضاف اليه كمية من الماء لتحويله الى عجينة وتضاف اليه بعد ذلك كيات من قصاصات ألواح الحديد الخردة ويقلب البرميل بضع ساعات يتبادل في خلالها الحديد والفضة فتحول محتويات البرميل الى كلوريد الحديد وفضة حرة . ثم تضاف اليه كيات مناسبة من الزئبق ويقلب البرميل ثانية من ١٦ إلى ٢٠ ساعة مع إضافة قليل من الماء اليه خلال التقليب فتتلغم الفضة ويرسب الملغم في قاع البرميل حيث يؤخذ منه لتقطيره .

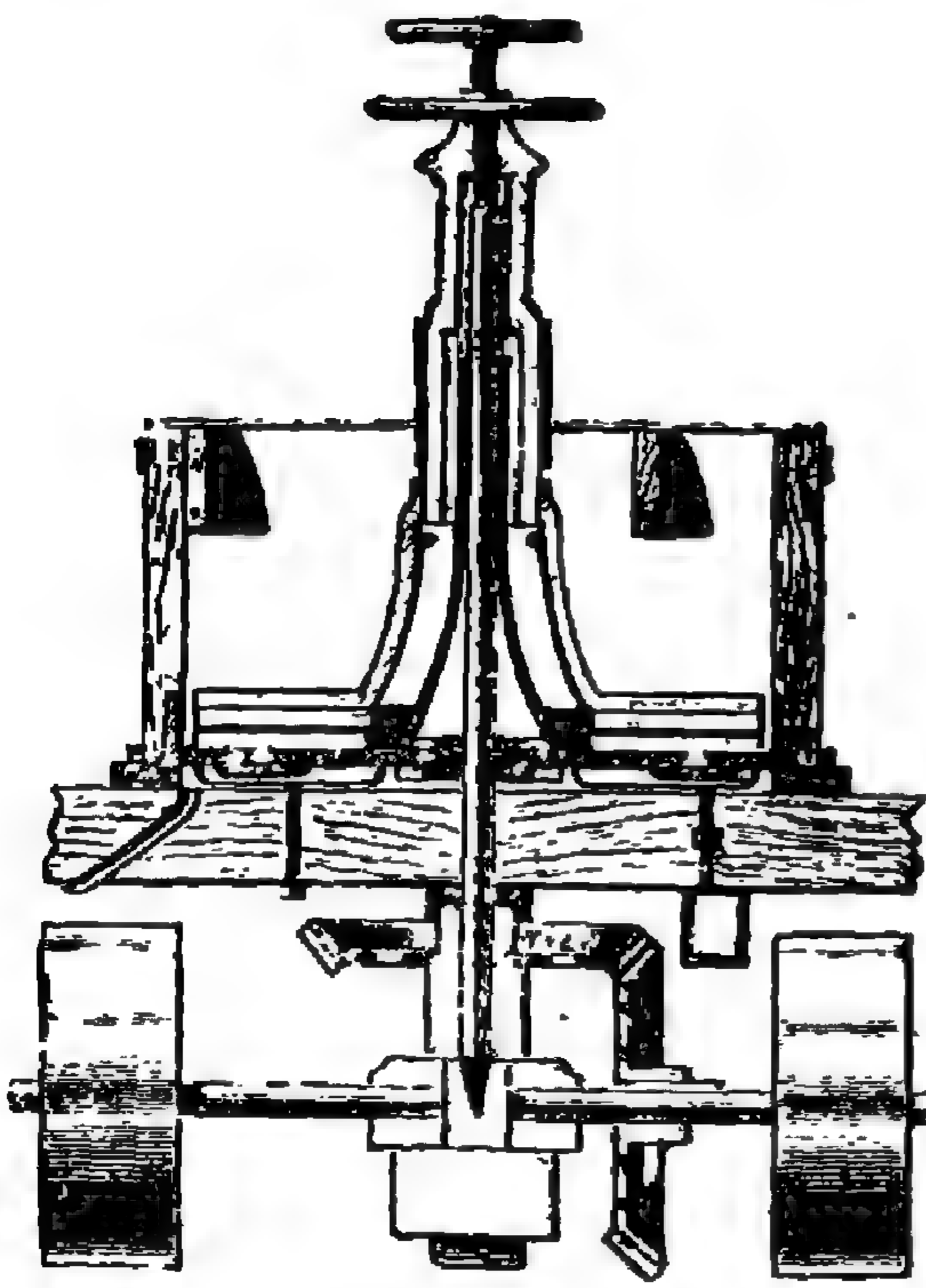
الملغمة في الأباريق — وتدعى طريقة (كازو) تستخدم في المعادن الغفلة التي تحتوى على كلوريد أو بروميد أو أيوديد الفضة . وفي هذه الطريقة يسحق المعدن الغفل في طواحين خاصة ثم يوضع في إبريق قاعه من النحاس يضاف اليه من ٥ إلى ١٠ ٪ من ملح الطعام وبعد ذلك يسخن المخلوط مع استمرار تقلبيه ، وتضاف اليه كمية من الزئبق تناسب مع الفضة الموجودة فيه ، ويستمر التسخين مدة من الزمن الى أن تتلغم الفضة كلها وعندئذ تضاف اليه كمية من الماء ثم تجمع منه الفضة الملغمة وتؤخذ للتقطير .

الملغمة في الحلل — وهى أهم طرائق الأوعية ، تستخدم بكثرة في مناجم (كومستوك) الشهيرة بغرب الولايات المتحدة والتي تعتبر من أكبر مناجم الفضة في العالم . كذلك تستخدم في غيرها من المناجم . وإنا نكتفى هنا بأن نشرح تفصيلا طريقة الحلة المستخدمة في مناجم (كومستوك) والمعروفة بطريقة (واشو) :

طريقة واشو — المعدن الغفل المطلوب معالجته بهذه الطريقة يكون عند استخراجة من المنجم مؤلفا من قطع ذات أحجام متباينة جدا ، منها ما هو صغير كالخصى ومنها ما هو كبير كالكتل يعجز عن رفعها الرجل

القوى . فتؤخذ الكتل الكبيرة إلى آلات التكسير وتكسر إلى أحجام مناسبة ثم تنقل إلى أجهزة التغذية التي تغذيها أوتوماتيكيا في جواريش ^(١) تستغل على طريقة الهاون تكسرها إلى حصى مجروش ويسلط عليها تيار من الماء أثناء ذلك حتى إذا ما جرشت إلى الحجم المناسب يحملها التيار من ثقوب في الجواريش إلى غرايل ^(٢) موجودة أمام الثقوب فتنفذ من عيون الغرايل إلى أحواض الترسيب حيث يرسب المعدن الغفل المجروش في قاع هذه الأحواض ومعه بعض الأخلاط الرملية والصخرية ثم ينقل منها إلى أحواض أخرى لترول منه بعض تلك الأخلاط وبعدها يوضع في حلة الملعمة .

ويختلف شكل هذه الحلة باختلاف المناطق والطرائق وشكل (٧٣) يبين



(شكل ٧٣ — حلة الملعمة)

واحدة منها وهي وعاء اسطوانى مصنوع من الزهر أو الحديد الخام يتراوح قطره بين ٤ ٦٦ أقدام وعمقه بين ٢ ٣٦ أقدام وتعمل جدرانه أحيانا من الخشب . يتوسطه عمود أجوف يمر من تجويفه فتيل (عمود رفيع) يسمو طرفه العلوى عن سطح الوعاء وينفذ طرفه السفلى من قاع الوعاء فيتصل بترس حلزوني يكتسب

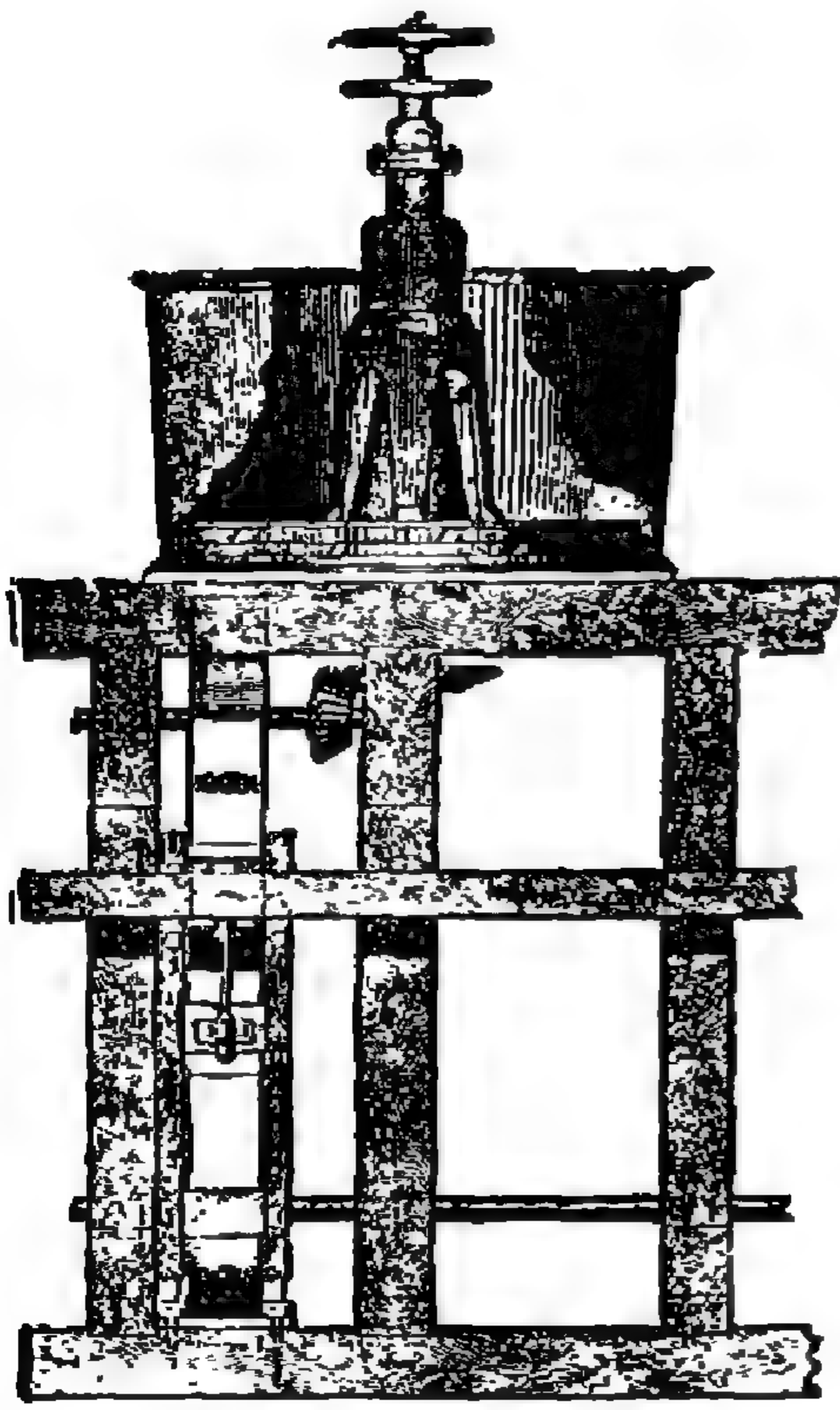
(١) الجاروش هو الآلة التي يطحن بها الحب فتطحته ولا تنعم طحته ويقال للحب الخارج

منها حب مجروش .

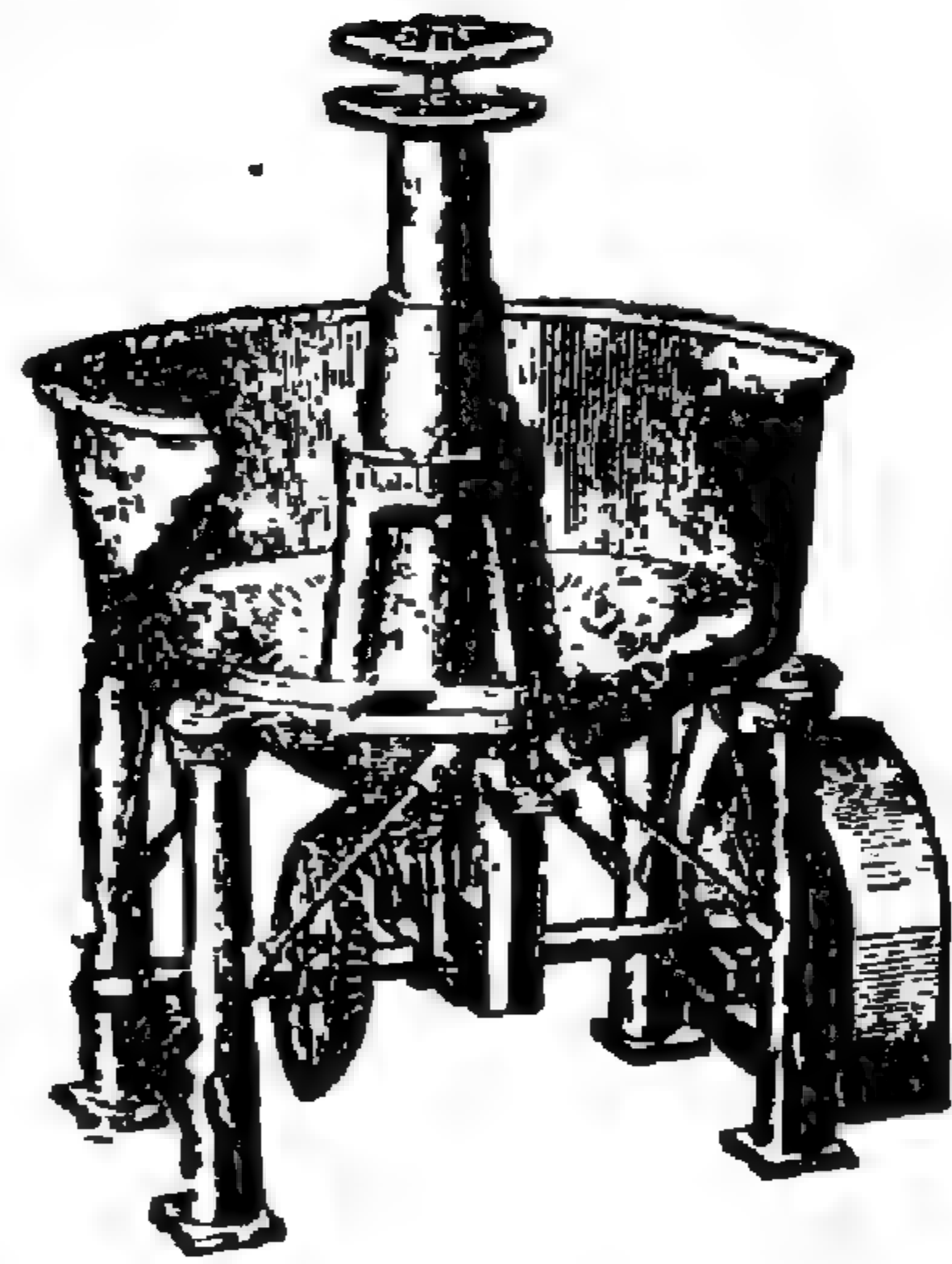
(٢) عيون هذه الغرايل ضيقة جيدا ويبلغ قطر العين منها نحو ١/٤ بوصة .

منه حركة الدوران عند اشتغاله . ويثبت على قاع الوعاء من الداخل قرص من الحديد الخام قطره أقل قليلا من قطر القاع وله ثقب في منتصفه يمر منه الفتيل وهذا القرص يقوم بوظيفة الحجر الأسفل لعملية الطحن . أما الحجر العلوى فهو أيضا قرص من الحديد الخام يطابق في حجمه القرص الأسفل مركب على سطحه الأسفل بقايب من الحديد الخام سمك ١ بوصة يمكن إزالتها عند تأكلها وتغييرها بأخرى جديدة ويتصل هذا القرص العلوى بالفتيل فيكتسب منه حركة الدوران ، ويمكن رفعه أو خفضه حسب الطلب بواسطة الطارة المثبتة في النهاية العليا للفتيل . وتتلخص وظيفة الحلة في طحن المعدن الغفل المجروش وتحويله الى عجينة رقيقة واستخلاص الفضة الحرة منه بالملغمة . وعند شحن الحلة يرفع القرص العلوى قليلا فوق القرص السفلى حتى يمكنه أن يدور بحرية تامة في مبدأ الأمر . ثم يدار ببطء ويصب في الحلة ماء بواسطة خرطوم . وفي الوقت نفسه يقذف فيها المعدن الغفل المجروش بواسطة جاروف ثم ينخفض القرص العلوى وتزداد سرعته إلى ٦٠ أو ٧٠ لفة في الدقيقة حتى يمكنه سحق الحصى المجروش وتحويله إلى عجينة . وفي خلال ذلك يسخن إلى ما يقرب من درجة ٩٠ ° مئوية بمرور تيار من البخار في قميص معد لذلك في قاع الحلة ظاهر في الرسم . وتضاف إلى الشحنة كمية من كبريتات النحاس وملح الطعام للمساعدة على تحويل المعدن الغفل إلى كلوريد كما سبق بيانه في طريقة الأرضية . وتختلف هذه الكمية من ١/٤ رطل إلى ٤ أرطال للشحنة الواحدة ، وبعد مضي ساعتين أو أقل يضاف الى الحلة كمية كبيرة من الزئبق ويرفع القرص العلوى قليلا عن السفلى حتى لا يحصل احتكاك شديد يضر بالزئبق

ثم يستمر الدوران ساعتين أخرين تم خلالها عملية الملفمة ويضاف الزيت
عادة إما بصبه فوق العجينة وإما برشه عليها وتختلف الشحنة الواحدة للحلة
من ٦٠٠ — ٨٠٠ رطل ومن ٤٠٠٠ — ٥٠٠٠ رطل تبعاً لسعة الحلة .
وتختلف كمية الزيت التي تضاف للشحنة تبعاً لذلك ، والمعتاد أن يضاف
من ٦٠ إلى ٧٠ رطلاً من الزيت للشحنة التي مقدارها من ١٢٠٠ إلى
١٥٠٠ رطل وقاع الحلة إما أن يكون مستويا وإما مخروطيا أو شبه مخروطي
ويختلف شكل القرص العلوي والقرص الأسفل تبعاً لذلك والأشكال (٧٤)
و (٧٥) و (٧٦) تبين أنواعا ثلاثة مختلفة من هذه الحلل .



شكل (٧٥) — حلة ماك كون

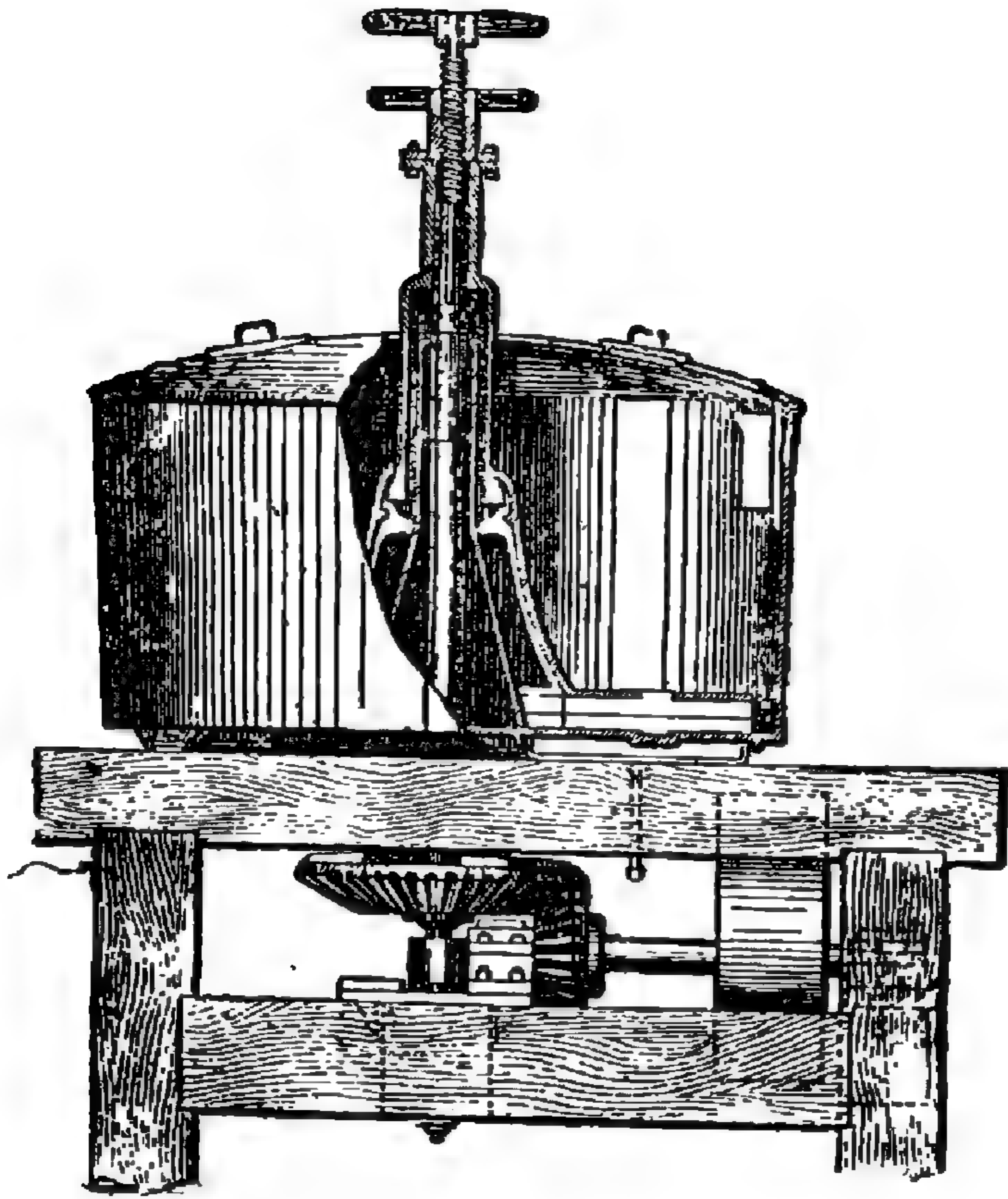


شكل (٧٤) — حلة بترسن

ويستعاض في بعض الحلل عن قبص البخار بادخال البخار إلى الحلة
بواسطة ماسورة وتسلطه مباشرة على العجينة وهذا يؤدي الى سرعة التسخين ،

لكن يستدعى الحذر من زيادة البخار خوفا من تخفيفه لقوام العجينة أكثر من اللازم .

وعند انتهاء الملعقة تخفف العجينة بالماء وترفع سدادة الحلة فتسيل العجينة المخففة منها بسهولة وتستقبل في أوعية أخرى تسمى حلل الترسيب ،

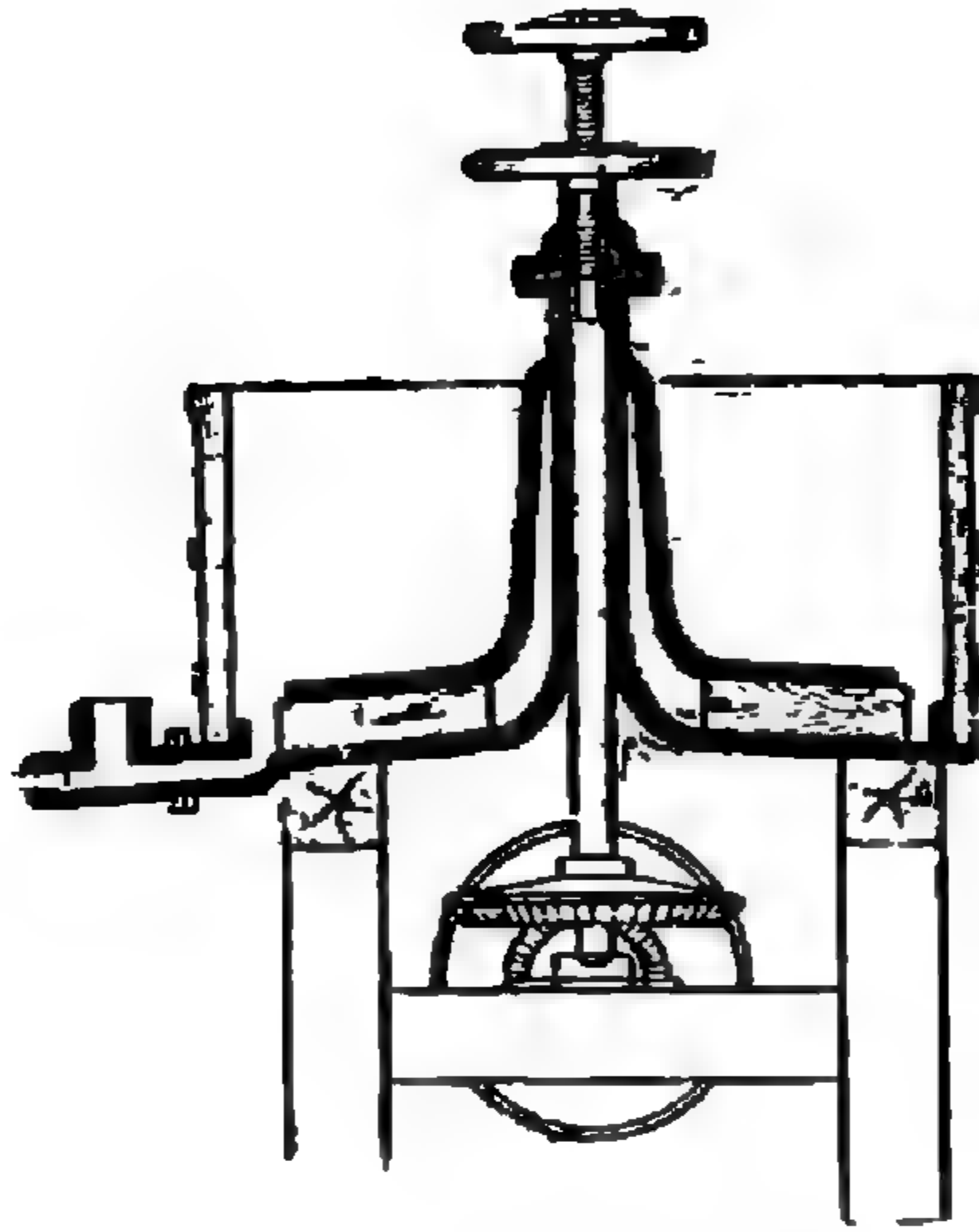


(شكل ٧٦ — الحلة المشتركة)

تشبه حلل الملعقة في شكلها العمومى وتختلف عنها في التفاصيل وتكبر عنها في الحجم وتعمل جدرانها من الحديد أو الخشب وقيعانها من الزهر .
وشكل (٧٧) يبين إحدى حلل الترسيب .

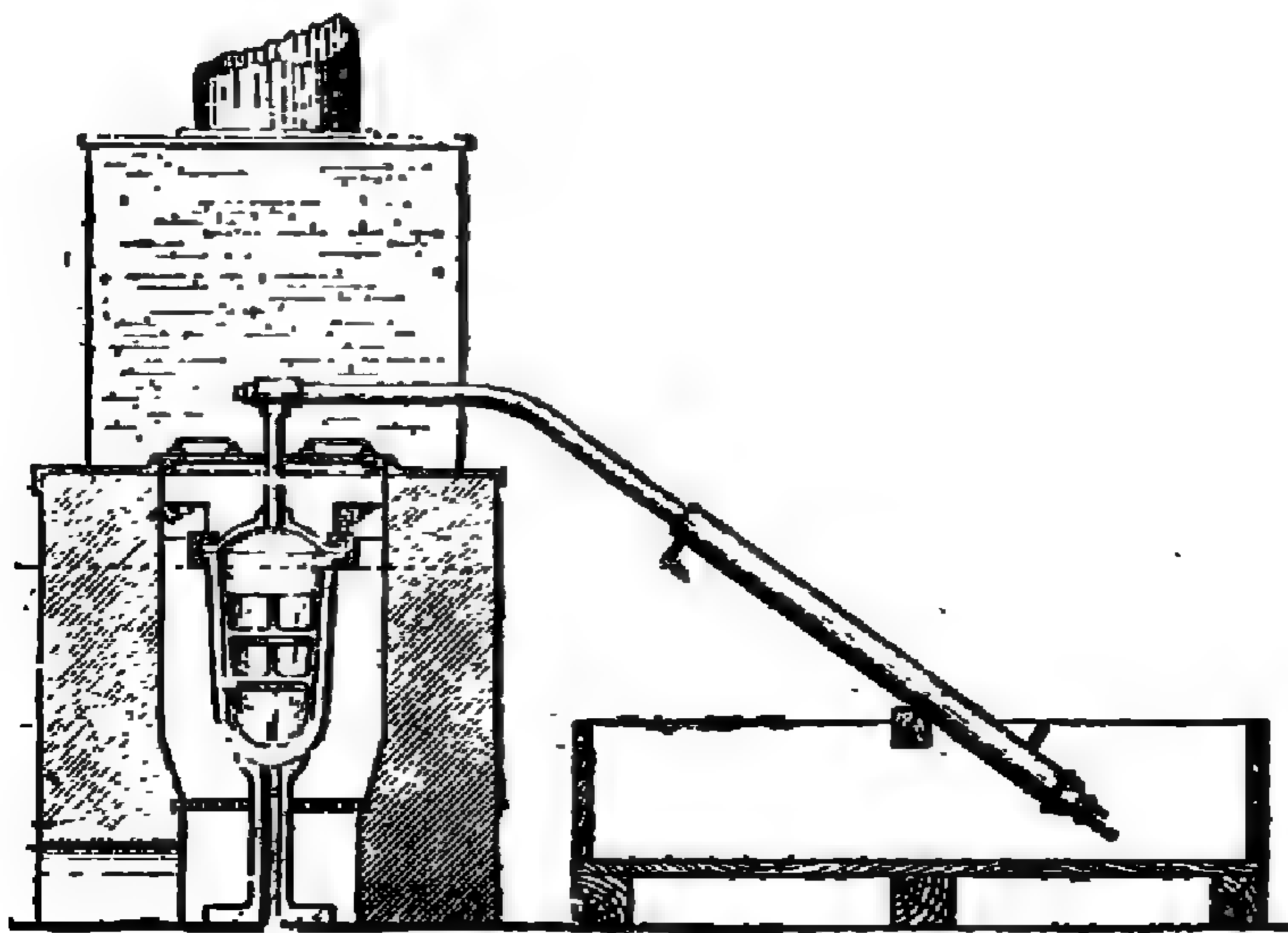
وبعد استقبال العجينة المخففة في حلل الترسيب تترك فيها مدة أربع ساعات تحرك في حلالها حركة خفيفة بواسطة قلاب يدور ببطء بمعدل عشرة

لفات في الدقيقة فترسب الملغم في القاع لثقله وتطفو الأخلاط الخفيفة على سطح الماء .



(شكل ٧٧ — حلة الترسيب)

ثم يسحب الملغم ويرشح بعدها بوضعه في أ كياس ويضغط لطرد الزئبق الزائد منه ثم ينقل إلى المعوجات لاستخلاص الفضة منه بعملية التقطير .
وشكل (٧٨) يبين إحدى هذه المعوجات ، توضع عجينة الملغم في بودقة المعوجة المصنوعة من الحديد وتسلط عليها الحرارة فيتبخر الزئبق ويتصاعد إلى ماسورة



(شكل ٧٨ — معوجة التقطير)

تبرد بالماء فيتكاثف فيها ويسيل منها الى حوض معد خصيصا لذلك . أما الفضة الحرة فتبقى في البودقة على شكل عجينة اسفنجية يعاد صهرها في بواق أخرى وتصب على شكل قطع منشورية الشكل تعرف في السوق باسم "سبائك الفضة" . تزن الواحدة منها ألف أوقية . وتحتوى هذه السبائك عادة على بزموت وأنتيمون ونحاس وزنك وزرنيخ وغيرها . لذلك تجرى عليها عمليات التكرير لفصل هذه المواد عنها .

الطريقة الرطبة أو (المائية) — نظرا لسهولة ذوبان كبريتات الفضة وكوريد الفضة في الماء أو بعض السوائل المذيبة الأخرى أمكن استخلاص الفضة من غفلها الكبريتي بتحويله أولا إلى كبريتات أو كلوريد ثم إذابة الأول في ماء دافئ ممزوج بقليل من حامض الكبريتيك أو إذابة الثاني في محلول قوى من ملح الطعام وترسب الفضة من هذين المحلولين بنمر قطع من النحاس فيهما فيتبادل النحاس مع الفضة وترسب الأخيرة في قاع الإناء ويحول الماء الى محلول أملاح النحاس .

يحول المعدن الغفل الكبريتي إلى كبريتات الفضة بتحميصه في أفران عاكسة أو غيرها من أفران التكلّيس . ونظرا لأن المعدن الغفل الكبريتي يتركب من كبريتيد الفضة وكبريتيد بعض المعادن الأخرى كالحديد والنحاس والزنك والرصاص الخ فإن أوكسجين تيار الهواء المار أثناء التكلّيس يتفاعل مع هذه الكبريتيدات ويحولها الى أوكسيدات تلك العناصر وإلى ثاني وثالث أوكسيد الكبريت . ثم ان الأخير يتحد مع المعادن مكونا لكبريتاتها وبذلك يتحول جزء من الفضة إلى كبريتاتها . والواقع ان رفع درجته تدريجيا أثناء التكلّيس يحلل هذه الكبريتات خصوصا كبريتات

الحديد والنحاس إلى ثالث أكسيد الكبريت وأوكسيد تلك المعادن فيسطو ثالث أكسيد الكبريت على باقى الفضة فيحولها إلى كبريتات . وفى اللحظة التى يتم فيها ذلك توقف عملية التكلّيس لأنها إن استمرت أكثر من ذلك تتحلل كبريتات الفضة بدورها إلى ثالث أكسيد الكبريت وأوكسيد الفضة وهذا الأخير لا يذوب فى الماء فيضيع هدرا مع الأوساخ فى عملية الترسيب .

وبعد إتمام التكلّيس تذاب الكبريتات فى أحواض من الخشب سعة الواحد منها حوالى ٤ أمتار مكعبة تحتوى على ماء دافئ ممزوج بقليل من حامض الكبريتيك ثم ينقل المحلول إلى أحواض أخرى تسمى أحواض الاستقرار لفصل الأخلاط الغريبة عنه ، ومن ثمّ إلى أحواض ثالثة تسمى أحواض الترسيب محتوية على نحاس فيتبادل الأخير مع الفضة التى ترسب فى القاع . وفى العادة يستعمل للترسيب حوضان يحتوى الأول على سيقان من النحاس أو قطع كبيرة من النحاس الخردة وترسب به كمية من الفضة ثم ينقل المحلول إلى الحوض الثانى الذى يحتوى على كرات صغيرة من النحاس أو على نحاس مرسب لتسهل عملية التبادل وترسب الفضة الباقية حرة تاركة محلولاً من كبريتات النحاس وبعض المعادن الأخرى ، ثم يرسب النحاس من ذلك المحلول فى أحواض أخرى تحتوى على قطع من الحديد حيث يتبادل الحديد مع النحاس فيرسب الأخير . وبالنسبة لعدم التأكد من استعالة جميع الفضة الموجودة فى المعدن الغفل إلى كبريتات فإن البواقي المتخلفة من عملية الترسيب تحتوى على مركبات الفضة ومركبات بعض المعادن الأخرى وهناك عدة طرائق لا يمكن حصرها هنا لاستخلاص كل من المعادن الباقية على حدة .

ويحول المعدن الغفل الكبريتي الى كلوريد بنخلطه بكمية من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) ثم تميص الملوّط في أفران التكليس: ثم يذاب كلوريد الفضة في أحواض محتوية على محلول قوى من ملح الطعام ويعالج لترسيب الفضة منه بنفس الطريقة السابق شرحها في كبريتات الفضة .

والترسيب من الكبريتات يعرف بطريقة ”زير فوجل“ والترسيب من الكلوريد يعرف بطريقة ”أوجستن“ وهناك طرائق أخرى للترسيب مثل طريقة ”كلودت“ وطريقة ”برسي باتيرا“ لا يتسع المقام لشرحها هنا .

طريقة الصهر — تستخدم عادة في الأحوال الآتية :

(١) لاستخلاص الفضة من الخليط المتخلف من طريقة ”باتنسن“ السابق شرحها في فصل الرصاص . وهذا الخليط يحتوى على فضة ورصاص .

(٢) لاستخلاص الفضة من القشرة الناتجة من طريقة ”باركس“ السابق شرحها في فصل الرصاص وهذه القشرة تحتوى على فضة ورصاص ووزنك .

(٣) لاستخلاص الفضة من معدنها الغفل ان كان على هيئة كبريتيد نقي غير مختلط بمركبات فضية أخرى وفي هذه الحالة يلزم أولاً تحويل المعدن الغفل إلى خليط من الفضة والرصاص وذلك بصهره مع الرصاص في فرن عاكس فيتحلل الكبريتيد بتأثير الرصاص وتختلط الفضة الناتجة من التحليل مع الكمية الزائدة من الرصاص مكونة خليطاً معدنياً . ويمكن الوصول إلى نفس النتيجة بصهر المعدن الغفل مع أوكسيد الرصاص (الليثارج) في فرن عال ذى قيص مائى .

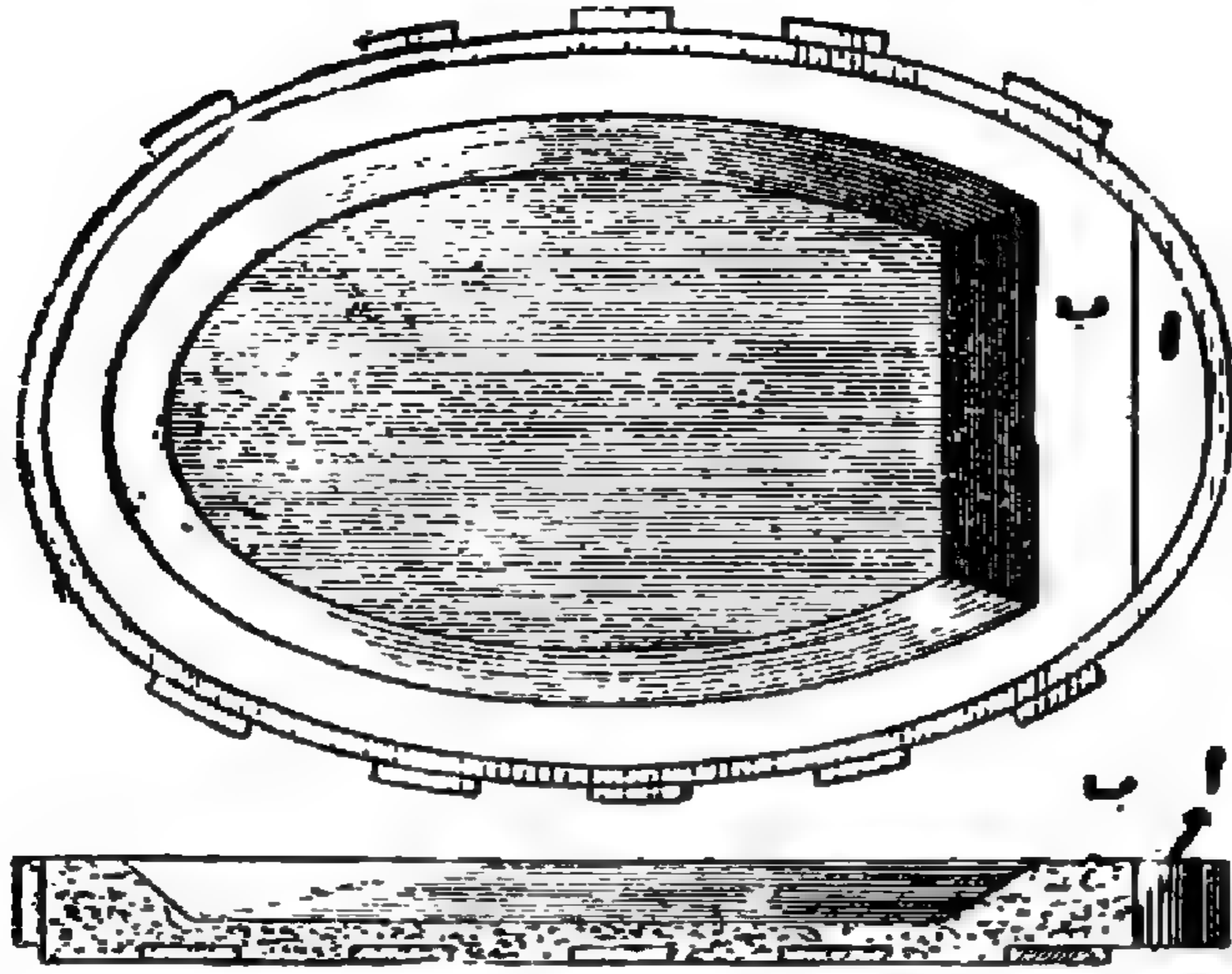
(٤) لاستخلاص الفضة من الرواسب الكبريتية الناتجة من طريقة "برسي باتيرا" المشار إليها ، وفي هذه الحالة يلزم صهر هذه الرواسب مع الرصاص أو الليثارج بنفس الكيفية المذكورة في بند (٣) فينتج من ذلك خليط من الرصاص والفضة .

ويلاحظ من هذا أن المواد الأربعة التي تستخلص منها الفضة بهذه الطريقة تكون على شكل خلائط من الفضة والرصاص ، وكثيرا ما تكون محتوية على بعض من المعادن الأخرى كالزنك والنحاس والمانجنيز الخ لا سيما الخلائط المذكورة في (٣) و (٤) .

وتتلخص طريقة الصهر في تسخين أى الخلائط المذكورة في بودقة حتى تنصهر الخلائط وترتفع حرارتها الى الدرجة الحمراء ، ثم تسليط تيار من الهواء عليها فيتأكسد الرصاص أولا مكونا أكسيد الرصاص (الليثارج) الذى يدفعه تيار الهواء بعيدا ، وبذلك يتعرض سطح المعدن المنصهر لفعل الهواء فيتأكسد النحاس وبقية المعادن الأخرى . وبالنسبة لعدم تأكسد الفضة فانها تبقى في قاع البودقة مختلطة بقليل من الذهب إن وجد وذلك لعدم تأكسد الذهب .

والبودقة التى تتم فيها عملية التأكسد مبنية في شكل (٧٩) وتتكون من إطار حديدى بيضاوى الشكل مثبت فيه بضع سيقان حديدية على شكل مصبغات الأفران يملا بمسحوق من رماد العظام الحيوانية المندى بالماء ويدك هذا الرماد جيدا ثم يحوف على صورة وطاء . وبالنسبة لأن الليثارج يحدث تآكلا في حديد الإطار إن لامسه لذلك يترك الجزء "أ" من الإطار فراغا نافدا فيتكون من ذلك الكوبرى "ب" من الرماد يحول دون ملامسة الليثارج لحديد الإطار .

ويلزم تجفيف هذه البودقة جيدا لبضعة أيام قبل وضعها في الفرن .



(شكل ٧٩ — بودقة التأكسد)

والفرن المستخدم في هذه الطريقة مبين تفصيلا في شكل (٨٠) فتوضع فيه البودقة بعد تجفيفها وتثبت تثبيتا غير محكم على المرقد ثم تغطى حافة إطارها برماد العظام حتى لا تتأكل بفعل الليتارج .

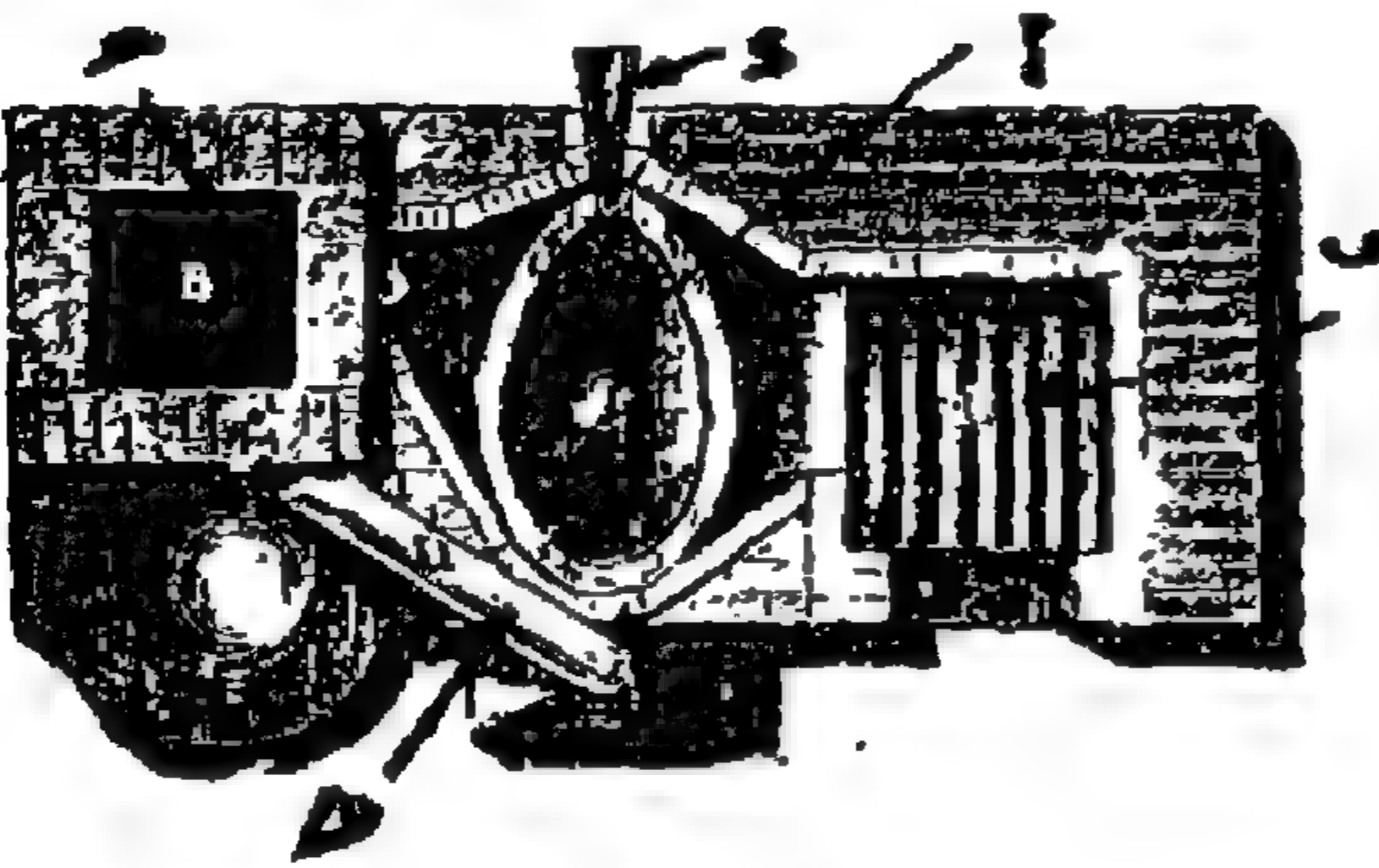
وتوقد النار بعناية تامة حتى إذا ارتفعت حرارة الفرن إلى درجة الاحمرار ينصهر الخليط المعدني الموضوع في القدر ويسيل منها إلى البودقة من مجرى خلفي . وعندئذ يسלט تيار شديد من الهواء متولد من مروحة خاصة فينفذ من الودنة ويلفح سطح المعدن المنصهر فيتأكسد الرصاص ويتحول إلى ليتارج ينساب من مجرى يعمل خصيصا له في كوبرى البودقة ، ومن ثم يستقبل في قوالب مخروطية الشكل من الحديد موضوعة أسفل المرقد . وبما أن بعض الليتارج يخرج على هيئة دخان أثناء العملية فإنه ينفذ من ماسورة البرقع إلى المدخنة حيث يعلق بجدرانها الداخلية على صورة هباب . ويستمر التسخين حتى تتأكسد بقية المعادن الموجودة في الخليط هذا الفضة

وقبيل ذلك تظهر على سطح المعدن عدة ألوان جميلة جدا تشبه ألوان قوس قزح فاذا ما تم التأكسد يسطح سطح المعدن بلون أبيض ضارب للزرقة وعندها تترك الفضة لتبرد

بيضاء حتى لا يفقد منها شيء
نتيجة الظاهرة المعروفة "ببصق الفضة".



وتبلغ شحنة الفرن نحو خمسة قناطير من الخليط المعدني في الساعة وتستهلك نحو قنطار ونصف من الفحم.



وقد سبقت الإشارة إلى أن النحاس الغفل يحتوى على كميات قليلة من الفضة تستخلص منه بصهر ذلك النحاس مع كميات

(شكل ٨٠ — فرن أكسدة خلاط الفضة)
من الرصاص (تبلغ أربعة أمثاله (أ) المرقد (ب) بيت النار (ج) المدخنة .
بالتقريب (د) ثم تترك لتبرد بعد (د) ودقة (هـ) ماسورة البرقع .
أن تصب على صورة أقراص يعاد صهرها كي تتمزج الفضة بالرصاص المنصهر
فينفصل مخلوط الفضة والرصاص عن النحاس ثم تجرى عملية استخلاص
الفضة من الرصاص كما سبق .

تكرير الفضة — كثيرا ما توجد الفضة مختلطة ببعض الأخلاط المعدنية
ويدعو الأمر إلى فصل هذه الأخلاط عنها . وأغلب الحالات التي تكون
فيها الفضة مختلطة بغيرها هي :

(١) الفضة المستخلصة بالتقطير من عمليتي الملمعة ، وتحتوى على ذهب وبزموت ونحاس وزنك ورصاص وأنتيمون الخ .

(٢) الرواسب الناتجة من عملية تكرير النحاس بالكهرباء ، كذلك الأخلاط الناتجة من طريقتي ” باتنسن وباركس ” في الرصاص ، فالرواسب قد تحتوى على ٩٥ ٪ من الفضة و ٣ ٪ من الذهب وعلى نسب صغيرة من النحاس والبزموت والرصاص والبلاتين ، والأخلاط قد تصل فيها نسبة الفضة إلى ٩٨ في المائة .

(٣) سبائك الفضة والذهب المختلفة التركيب والمحتوية على ذهب وفضة ومن ١٥ — ١٠ في المائة من المعادن غير الثمينة . كذلك الحلي القديمة التي تعرض في السوق بصفة (كسر) .

وأهم طرائق التكرير نوعان وهما :

طرائق التكرير بالصهر — وتشبه تماما طريقة الصهر السابق شرحها في استخلاص الفضة ، وذلك إن كانت الأخلاط قليلة فإن كانت كثيرة كما هو الحال في الفضة الناتجة من طريقتي الملمعة فإنها تصهر في بواقد عادية معرضة للهواء فتأكسد المعادن المختلطة بها وتبقى الفضة حرة .

طريقة التكرير بالكهرباء — وتستخدم على الأخص في دور ضرب النقود لفصل الفضة من أخلاطها وتشمل طريقة ” ميبوس ” وطريقة ” بالباخ نوم ” وإنا نكتفى هنا بشرح الطريقة الأولى ، وتستخدم في تكرير السبائك التي تحتوى على نحو ٩٠ في المائة فأكثر من الفضة و ١٠ الى ١ في المائة من الذهب والباقي أغلبه من النحاس . فتصب هذه السبائك على شكل ألواح سمك ١ بوصة ثم تؤخذ كل أربعة أو خمسة من هذه الألواح

وتوضع في كيس شبكي سميك مركب على إطار من الخشب وتغمر في حوض من الخزف أو الخشب المظلي بالقطران به محلول مخفف من أزونات الفضة (نترات الفضة) يحتوى من ١.٠ إلى ١.٠ / من الفضة ومضاف إليه كمية تختلف من ١.٠ إلى ١ من حامض الأزوتيك الذى يذيب الفضة والنحاس ولا يذيب الذهب . وتوصل هذه الألواح بالقطب الموجب لينبوع كهربائى . أما القطب السالب فيتصل بواسطة فرشاة بشرط من الفضة سمك $\frac{1}{3}$ بوصة مصنوعة على شكل سير لا نهائى ومركب بطريقة تجعله يدور باستمرار . فاذا ما مر تيار كهربائى بالحوض تفاعلت الألواح مع المحلول والحامض فتفصل الفضة من الألواح وتتجه نحو السير حيث تعلق به على هيئة مسحوق ، فيحملها معه أثناء دورانه وينقلها الى سير لا نهائى آخر مظلي بالجرافيت يحملها بدوره خارج الحوض فيسقط بعضها بالتناقل فى إناء معد خصيصا لذلك وما يبقى من الفضة عالقا بالسير يكشط منه بواسطة مكشطة مركبة أسفله فتسقط فى نفس الوعاء . وبما أن النحاس يذوب فى الحامض فانه يتركز ويخشى حينئذ من انفصاله واختلاطه بالفضة ، لذلك يلزم أن تنظم كمية المحلول والحامض من وقت لآخر بأن يسحب جزء منهما ويستبدل بآخر جديد . وما يتجمع من الكميات المسحوبة يعالج لفصل النحاس منه وكذلك بعض الفضة الذائبة فيه ، أما الذهب فانه يرسب فى قاع الحوض فيجمع منه ويرشح ثم يصهر .

وفى نهاية العملية يتبقى فى الكيس الشبكي كثير من الأخطا التى تكون موجودة من الأصل فى السبيكة وتشمل الذهب والبلاطين والفضة والنحاس والرصاص الخ . فتغسل هذه الأخطا وتعالج بحامض الأزوتيك لترسيبها ثم يصهر الراسب ويصب على شكل ألواح ويكرر بالكهرباء لفصل الذهب منه .

استخدام الفضة — تستخدم الفضة تقدا للتداول في اغلب الممالك وتخلط عندئذ بالنحاس والنيكل لترداد صلابة . كذلك تستخدم في صنع الحلى وبعض الأدوات المنزلية الثمينة وتدخل في تركيب كثير من السبائك المعدنية التي سبق ذكرها في الفصول الماضية وتستخدم أيضا في تغليف كثير من الأدوات المعدنية الرخيصة بطريقة الطلاء بالكهرباء .

الفضة المرملة (Frosted silver) — كثيرا ما تصنع من الفضة المخلوطة بالنحاس قطع زخرفية ، فاذا سخنت هذه القطع في الهواء يتأكسد النحاس القريب من سطحها ، وإذا وضعت بعد ذلك في حامض الكبريتيك يذوب منها الاوكسيد ويظهر سطح خشن من الفضة النقية ذو لون مطفى ولهذا السبب يقال عن القطع التي تعالج بهذه الكيفية إنها مصنوعة من الفضة المرملة .

الفضة المؤكسدة (Oxidised silver) — إذا غمرت القطع الزخرفية المصنوعة من الفضة في محلول من الكبريتيدات القلوية مثل كبريتيد الصوديوم يتكون على سطحها غشاء أسود رقيق من كبريتيد الفضة فيقال عن هذه القطع إنها مصنوعة من الفضة المتأكسدة .

الفصل الثامن عشر

الذهب

من المحقق أن جمال لون الذهب ، وبريقه ، وعدم تأثره بالهواء الجوى قد شجع الناس منذ القدم على أن يضحوا في سبيله والحصول عليه كل مرتخص وغال. وفي سنة ٣٦٠٠ قبل الميلاد وفي عهد الملك مينا اعتبر الذهب أغلى من الفضة مرتين ونصف ، وفي ذلك الدلالة الواضحة على نفاسة المعدنين. ومن المحتمل أن الذهب كان أول معدن اكتشفه القدماء وذلك لوجوده كمعدن بكر مشور بين الرمال بأحجام دقيقة مختلفة . وفيما خلفه المصريون القدماء من الآثار نقوش تدل على ذلك منذ سنة ٢٥٠٠ قبل الميلاد . وقبل اكتشاف أمريكا كانت الهند تعتبر أكبر مورد من موارد الذهب ، ففي تلك الأحياء كان يجمع تبره وينسل في ماء جار فيتخلف الذهب بثقله في قاع مجارى الغسيل ، وزيادة في التحفظ كانت تعمل قُرُش المجارى من جلود الحيوانات ليتخلف الذهب في تجاعيد شعرها ، فاستعمل فراء الغنم أداة لذلك . ومن الغريب أنه ما يزال فراء الغنم مستعملاً للآن في هذا الغرض ، ولو أنها استبدلت حديثاً ببطانيات من الصوف. ومهما يكن الذهب مصدراً للحروب منذ القدم فلا شك أنه كان أول عامل لإنهاض المدنية وسعادة الجنس البشرى . ولنفاسته وغرام الناس به حلا لهم فيه البحث وتهافتوا لعلهم يستطيعون تحويل كل المعادن ذهباً . وفي خلال هذه الجهود انبثق الفجر الأول لعلم الكيمياء .

ويمتاز الذهب بلونه الاصفر الذى يشحب باضافة الفضة اليه ويزهوا باضافة النحاس . وعجيب أن لا يمكن تحديد اللون الحقيقى للذهب ، إذ يتعلق على

طريقة استخلاصه . فاذا استخلص بالترسيب أو التقطير ظهر في ألوان مختلفة ، منها البنفسجي القاتم أو الأحمر الياقوتي أو الأحمر البنفسجي . كذلك يختلف لونه بين البني الضارب الى البنفسجي والبني الغامق والأسود . ويخضر لون وريقات الذهب بتأثير الضوء عليها . والذهب أظرى من الفضة وأشد صلابة من الرصاص النقي ، وهو أكثر المعادن لدونة ، يمكن عمل ٣٠٠٠٠٠ ورقة في سمك بوصة واحدة من الذهب كما يمكن سحبه إلى أسلاك حتى أن الأوقية منه يمكن سحب سلك منها طوله ٥٠ ميلا ، يتبلور طبيعيا على هيئة مكعبات . ويوجد في الطبيعة على ذلك الشكل ، وإن تبلور صناعيا لا يأخذ هذا الشكل ، وتحفظ دار ضرب النقود الإنجليزية بعينة من الذهب المتبلور في مخلفات إحدى بواقي الصهر بعد صبه منها . والثقل النوعي للذهب المسبوك ١٩,٣ ويزداد بالتجليخ إلى ١٩,٤٨ وبالطرق إلى ١٩,٦٥ ، أما الذهب المرسب فتقله النوعي يصل إلى ٢٠,٧٢ ينصهر على درجة ١٠٨٤° مئوية حيث يبدأ في التباخر البطيء جدا . ويتباخر الذهب ببطء شديد حتى في درجات الحرارة العالية ويغلي في الأفران ذات القوس الكهربائي ، وتبلغ درجة غليانه ٢٥٣٠° مئوية تحت الضغط الجوي . والذهب لا يتأثر كيميائيا بالتسخين ، ويختلف عن المعادن بسهولة تحليله من مركباته . فبالتسخين البطيء يتصاعد الكلور أو الأوكسجين من كلوريد أو أكسيد الذهب ويترك المعدن حرا . كما لا يتأثر قط بالهواء الجوي أو الماء فلا يغم لونهُ ولا يتأثر مباشرة بالقلويات ولا بكل من أحماض الكبريتيك والأزوتيك والكلوردريك ، يمتص الذهب المنصهر الأوكسجين ويحتفظ بكمية منه بعد تجمده ، ويذوب مسحوق الذهب الناعم ببطء في تلك الأحماض وهي على درجة الغليان . كذلك يذوب في درجة الحرارة العادية في الماء المحتوي على الكلور والبروم أو مزيج من اليود وا يودات البوتاسيوم ،

أو في بعض الكلوريدات وبعض السيانورات خصوصا سيانور البوتاسيوم .
ويذوب الذهب بسرعة في الماء الملكي (مزيج من حامض الكلورديريك
والنيتريك بنسبة ٣:٢) .

الذهب البكر — يوجد المعدن بركا مختلطا ببعض الأخطاط الأرضية
والمعدنية على حالة من اثنتين : إما في عروق بأخاديد الصخور ، وإما مرسبا
في قاع الأنهر الجارية أو الجافة . ففي الحالة الأولى يوجد إما على شكل
بلورات مكعبة الشكل تظهر بين ثنيات الصخور ، وإما على شكل حبيبات
متراكمة ممتزجة ببعض الأخطاط وعلى الأخص بالكوارتز يستعصى فصلها
بغير سحق تلك الصخور . وفي الحالة الثانية يوجد مرسبا في قاع الأنهار
ممتزجا بالأخطاط الأرضية إما على شكل رمال ، وإما حصى ، وإما قطع
متجمعة بعضها ببعض . كذلك يوجد الذهب مختلطا ببعض بيريطيس
المعادن الأخرى كالحديد والنحاس كطلاء على سطحها الخارجى ممتزجا بها
على حالته المعدنية .

ويعتد الذهب في النمسا وترنسلفانيا والسويد وأسبانيا وإيطاليا والهند
وسيلان والصين واليابان والأمريكتين ، وتعتبر استراليا الآن من أهم
موارده .

الذهب الغفل — قليلا ما يوجد الذهب غفلا ويكون حيثئذ على شكل
تلوريد كما يحتمل أن يوجد على شكل كبريتيد . ويكثر وجوده في استراليا
الغربية . وأحسن أنواع التلوريد هما : الكالافريت والسلفنيت ،
والأخير خليط من تلوريد الذهب والفضة ، كذلك يوجد هذا التلوريد
بنسبة مثوية كبيرة في الرصاص . ولون التلوريد سنجابي قاتم أو أسود ،

ونادر أن يكون لونه رماديا فضي اللون ، وعند تسخينه في الهواء يتأكسد
• يترك الذهب حرا .

ويحتوى الكالافريت على حوالى ٤٤٪ ذهبا ويحتوى السلفنيت على كمية
تتراوح من ٥ إلى ٨٪ ذهبا .

أما البتزايت (تلوريد الفضة الممزوج بالذهب) فيحتوى على ٢٥,٦ في المائة
من الذهب . وهناك بعض أنواع من المعدن الغفل توجد مبعثرة في مناطق
مختلفة من الأرض بكميات قليلة لا تبرر استخلاصها .

استخلاص الذهب — تتعلق عملية استخلاص الذهب على حالة بكرة أو غفله
فإن وجد بين الصخور محققة حتى يمكن فصله منها ، وإن وجد بين الرمال
غسلت ورسب الذهب . وفي بعض الأحيان يضطر معدنو الذهب الى فصل
المعدن (إن وجد على شكل قطع صغيرة ممزوجة بالطين) بواسطة شؤبوب
قوى من الماء يسلط على الطينة المحتوية على الذهب فيمزقها ويحملها إلى مجار
خشبية يتخلف فيها الذهب . ويعترض تلك المجارى حواجز خشبية تحجز
خلفها الذهب لثقله ، بينما تعبرها المواد الطينية والأخلاط الأخرى ، فيجمع
الذهب من آونة لأخرى من تلك المجارى ، وتعترض المجارى أيضا حواجز
حديدية ذات ثقوب دقيقة تحجز خلفها ما قد يكون محمولا من الذهب على
تيار الماء .

ولتسهيل انسياب المياه فى المجارى توضع مائلة بنسبة $\frac{1}{11}$ ، ويقل ذلك
الميل تدريجيا على طولها ليعطى فرصة أكبر لترسيب الذهب .

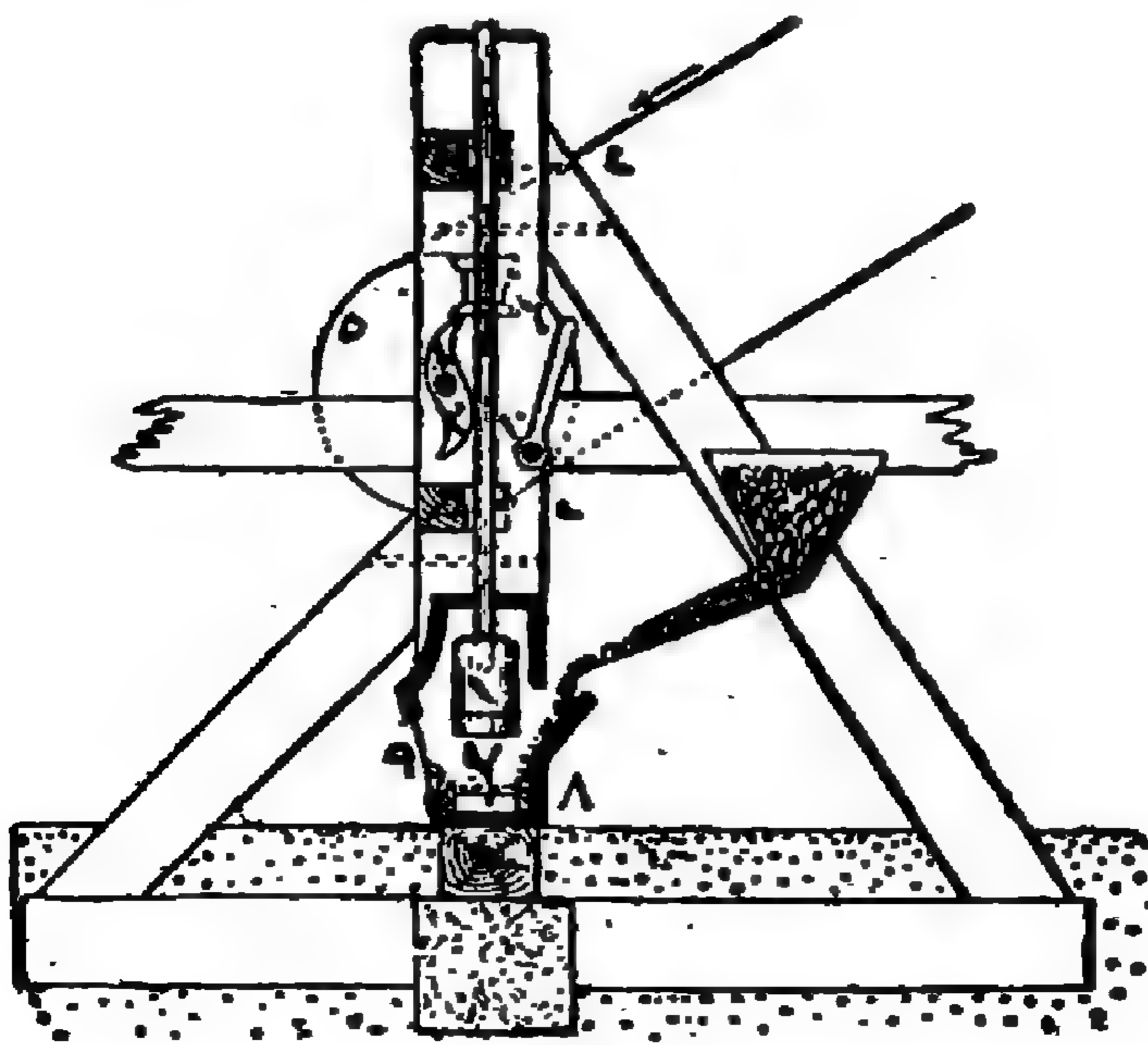
وتلقى كمية من الزئبق خلف الحواجز بين وقت وآخر كي يتلغم الذهب
وفى الغالب تعلق ألواح من النحاس الملغم بالزئبق فى المجارى ليعلق بها الذهب

العائم ، وبعد ذلك يجمع الملمع ويعصر في قطعة من جلد السموا ليتخلص من الزئبق الزائد عن الحاجة ، ثم تجرى عليه عملية تقطير الزئبق كما في الفضة .

وإن وجد الذهب تيرا مختلطا بالرمال يغسل في مجار خشبية مائلة مفروش قاعها بمواد صوفية كالقراء أو البطانيات ، يغسل فوقها الخليط بشؤبوب بسيط من الماء ، وفي خلال ذلك يدعك الخليط على سطح القاع في اتجاه مخالف لتيار الماء ، فيعلق الذهب في تجماعيد الشعر ، ثم يرفع القاع ويغسل بهزه في حوض من الماء ، ثم تلتقى كمية من الزئبق لتكون ملغما من الذهب . ويستحسن الصينيون أن تلتقى الرمال في الماء المغلي ، يضاف إليها كمية من الزئبق لللغمة .

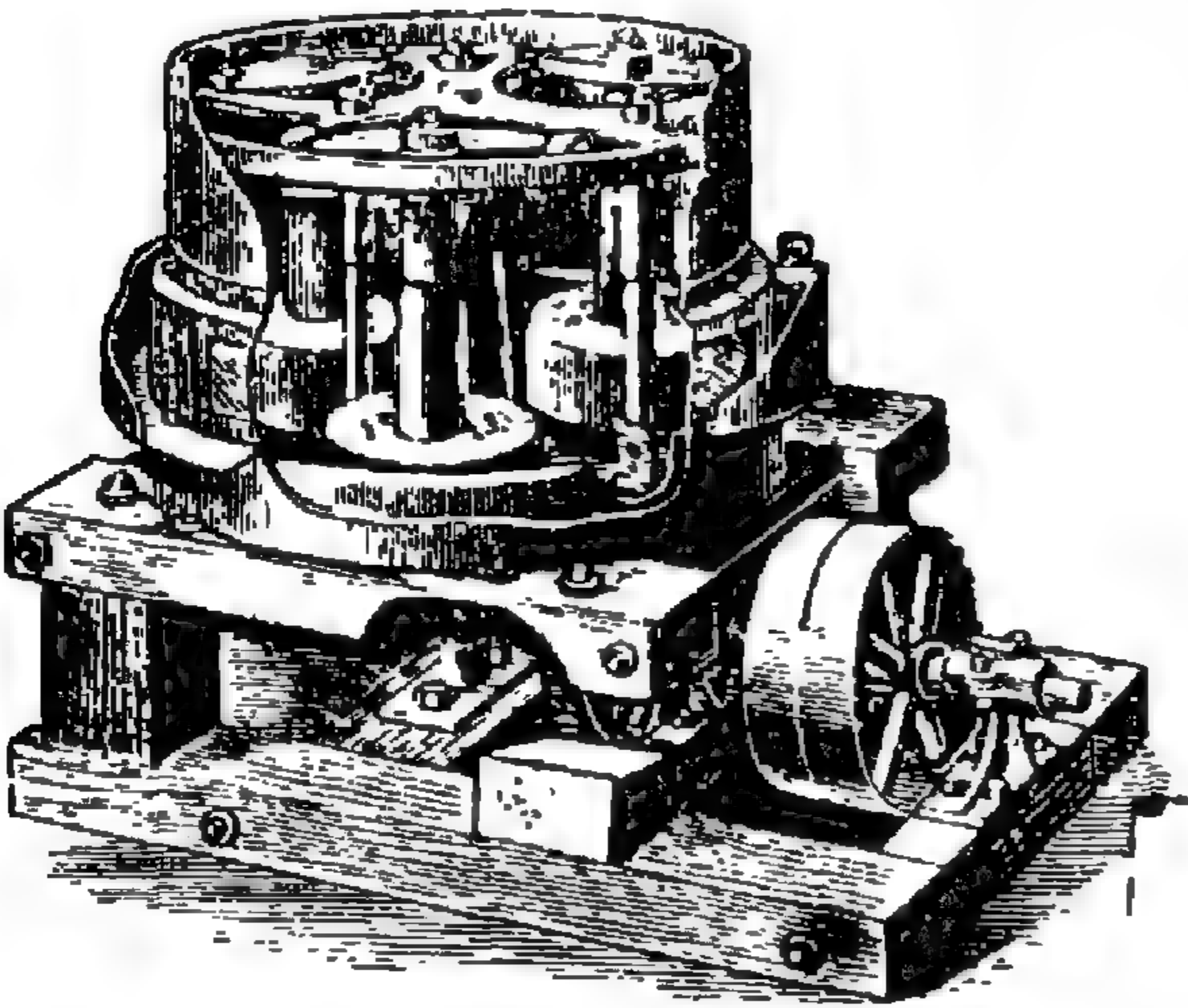
وإن وجد الذهب مختلطا بالأحجار متاخلا فيها تسحق بمطارق ليسهل فصله وفي ذلك تتبع الطريقة الآتية :

يكسر المعدن بالآلات كالسابق شرحها ثم يدق بمدقات تشبه المستعملة في دق الأرز في مصر . وتركب كما في شكل (٨١) من ساق من الصلب مثبتة به



(شكل ٨١)

جلبة (٦) ومعلق بأسفله مطرقة من الصلب (١) ويتحرك الساق رأسياً بين دليلين من الخشب المتين ، ترتكز الجلبة (٦) على كامة مزدوجة (٣ و ٤) مكونة من قوسين من دائرة. والكامنة مثبتة على محور يديره الطنبور (٥) فترتفع الجلبة والعمود بتأثير الكامة ، وعند تركها للجلبة يهبط العمود فيسحق المعدن الغفل بينه وبين سندال من الصلب (٧) مثبت في قاع هاون من الزهر (٨) وعلى أحد جانبيه شبكة من السلك (٩) ويسحق فيه المعدن ناعماً ثم يضاف إليه داخل الهاون كمية قليلة من الماء ، كذلك كمية من الزئبق فيتملغم الذهب . وباستمرار عملية الدق تمر العجينة المملغمة من ثقب الشبكة ثم تضاف كمية من الماء لغسل الهاون وإزالة ما بقي من المعدن ، ثم تجرى على



(شكل ٨٢ — المطاحن الدوارة)

الملغم عملية تقطير الزئبق ، وقد وجد أن هذه الطريقة تجبر بعض جزيئات الرمل أو الصخور على أن تلتصق بالذهب فتعذر الملمعة ، لذلك استعملت المطاحن الدوارة شكل (٨٢) وهي في أبسط أشكالها عبارة

عن حوض مستدير من الزهر يتوسطه محور رأسي ينتهي كل من طرفيه بقراصنة تحمل ثلاث أو أربع أعمدة ، يمر كل عمود بدرفيل من الصلب ذي ثقب أوسع من قطر العمود . فعند إدارة المحور الأوسط تدور القرصتان ، فتولد في الدرافيل قوة مركزية تدفعها نحو جدران الحوض ، فينسحق المعدن وبإضافة الماء والزئبق يتحول إلى ملغم ينفذ من خلال شبكة موضوعة على محيط الإناء .

وتعالج البقايا المتخلفة بعد الملغم بإضافة الزئبق إليها أثناء طحنها مرة ثانية في طاحونة تشبه الرحى مصنوعة من الزهر ، مخروطية القطاع بحيث تتداخل فرصتها العليا في السفلى فتتجمع البقايا بينهما ، فتسهل على الزئبق ملغمة الذهب القليل المتخلف . وقد تعالج تلك البقايا مرارا بهذه الطريقة إلى أن يتأكد من خلوها من الذهب ، وتحتوى هذه المخلفات غالبا على النحاس .

الطريقة الرطبة — تشمل هذه الطريقة معالجة الذهب بأحد المحاليل الكيميائية ثم ترسيبه بتيادله كيميائيا مع معدن آخر . وصهر الذهب المرصوب وتنقيته بطريقتين :

(١) طريقة السيانور — قدمنا أن مسحوق الذهب يذوب في سيانور البوتاسيوم ويساعد وجود الأوكسجين على إذابة الذهب فيه . وعلى ذلك تعالج مخلفات طريقة الملغمة أو تبر الذهب المختلط بالكثير من المواد الطينية المحتوى على بعض أنواع البريطيس بهذه الطريقة التى تتلخص فيما يأتى :

تلقى المخلفات المزوجة بالماء فى حوض متسع (قد يكون مملوءا بالماء أو فارغا) فتستقر الرمال وترسب هى والأتربة المحتوية على الذهب فى قاع الحوض ، وتطفو المياه الزائدة فيصفى ما بقى منها ويطلق على هذا الحوض اسم "حوض ترسيب الرمال" ، ومنه تنقل إلى حوض آخر يسمى حوض السيانور ، يتكون من حوض عادى مستطيل أو مستدير يتوسط ارتفاعه قاع خشبي مستعار مغطى بطبقة من نسيج ليف جوز الهند ^(١) توضع فوقها محتويات الحوض الأول . ثم يملأ الحوض بمحلول من سيانور البوتاسيوم

(١) كالمستعمل فى ماصح القدم .

(٠.٥ إلى ٠.٣٥ في المائة) حتى يغطي تلك المخلفات ، ويترك المحلول مدة تتراوح من ٦٠ — ٧٢ ساعة فيذوب معظم الذهب ، وبعد تصفيته يعالج ما في الحوض مرة أخرى بمحلول أخف للتأكد من تمام إذابة الذهب ، وهناك طريقتان لملء الحوض :
فأما أن يصب المحلول من أعلى حتى يغمر محتويات الحوض ثم يترك مدة فيهبط إلى أسفل الحوض وبذلك ينقذ أوكسجين الهواء خلال طبقات الرمال وتكرر تلك العملية حتى يملأ الحوض جميعه .
والطريقة الثانية أن يدخل المحلول من قاع الحوض فيذهب صعودا إلى أن يغطي جميع الرمال ، والغرض من ملء الحوض هو تعريض أكبر سطح ممكن من الرمال لأوكسجين الهواء حتى يساعد على إذابة الذهب في المحلول ، وقد تلزم الضرورة نقل المحتويات من حوض لآخر زيادة في تعرضها لأوكسجين الهواء .

وبعد التأكد من إذابة الذهب يصفى المحلول في أحواض تسمى أحواض ترسيب الذهب ، وتتكون من أحواض متتالية يوضع بالقرب من أعلاها مصبغات من الحديد فوقها قصاصات رقيقة من الزنك المغطى بطبقة رقيقة من الرصاص ، فيدخل المحلول من القاع ويطفو إلى الحوض فيتبادل بعض الزنك مع الذهب الذي يرسب على سطح الزنك بلون أسود ، ويمر المحلول بعد ذلك من الحوض الأول إلى قاع الحوض الثاني وهكذا حتى يتم ترسيب جميع الذهب ، فتجمع بعد ذلك قصاصات الزنك المغطاة بطبقة من الذهب السوداء ، ثم تغسل وتصفى حتى يفصل ما بقي من الزنك وأملاحه التي تذوب في الماء . وقد يضاف إليها عند الغسيل محلول مخفف من حامض الكبريتيك أو بيكبريتات الصودا حتى

يذوب جميع الزنك وتحلل السيانورات ، ومتى تم التفاعل الكيميائي يترك حتى يرسب الذهب ثم يعاد غسله في ماء ساخن ، ويحفف ، ويكلس ، ثم يصهر مع مساعد صهر (كربونات الصودا والبورا كس والرمل) في بودقة ، وقد يضاف أول أوكسيد المانجنيز كي يساعد على أكسد المعادن الغريبة الأخرى ، ولا يؤثر وجود الرصاص كيميائيا بل يساعد فقط على سرعة ترسيب الذهب ، وتجب العناية بالنظافة والنهوية خوفا من تسمم العمال بالسيانور .

(ب) طريقة الكلور — استبدلت الطريقة السابقة بطريقة الكلور بالنسبة لتأثيره على الذهب مكونا كلوريد الذهب الذي يذوب في الماء . وتتلخص هذه الطريقة في تجميع المعدن أو مخلفات طريقة الملعمة التي تحتوى على بعض البيريطيس حتى يتأكسد الأخير فلا يتأثر بالكلور ، ثم توضع المواد المكلسة فوق مصفاة مثبتة في وسط برميل من الخشب المغطى من الداخل بطبقة من القار ، وفي العادة تندى المواد المكلسة قبل ذلك . يدخل غاز الكلور من أسفل البرميل ، فيزيج أمامه الهواء الى الخارج خلال ثقب في أعلى البرميل ، ويستمر إدخاله حتى يمتلئ البرميل ، ثم تسد منافذه ويترك مدة تختلف من يومين الى ثلاثة فيتكون كلوريد الذهب (ذ كل_٣) الذي يحول الى محلول يعالج بكبريتات الحديدوز ، فيترسب الذهب ويصفى المحلول ويعالج ما ترسب منه بغسله في أحماض مخففة تذيب جميع المعادن الغريبة منه . ثم يصهر الذهب في بودقة عادية كما سبق في الطريقة الأولى . وتضاف عادة كمية من ملح الطعام عند تجميع المعدن حتى تتحول الفضة الموجودة فيه الى كلوريد الفضة الذي يذوب في هيبوسلفيد الصودا ، وذلك بعد فصل كلوريد الذهب .

تنقية الذهب — هناك ثلاث طرق لتنقية الذهب ، تتعلق كل منها على نوع المواد الغريبة الموجودة : الأولى — بالتحليل الكهربائي ، وذلك بإمرار تيار كهربائي في محلول كلوريد الذهب فيلتصق باللوح السالب بينما يكون اللوح الموجب من ذهب نقي . الثانية — تتلخص في صهر الذهب في فرن ذي تيار غزير من الهواء ، فتتأكسد معظم المعادن الغريبة وتطفو على سطح الذهب المنصهر . فالرصاص مثلاً يتحول إلى المرتك الذهبي (الليثارج) يحمله معه تيار الهواء . أما الفضة (التي لا تتأكسد بالهواء) فتعالج بالطريقة الثالثة . وتتخلص في إذابة الفضة في حامض الكبريتيك المركز المغلي فتتحول إلى كبريتات الفضة ، ويبقى الذهب كتلة إسفنجية ذات لون بني تعالج بعدها بغمرها في حامض النتريك ، ثم يصهر الذهب في بودقة مع قليل من كربونات الصودا والفحم النباتي ليتخلص من كل الأوساخ التي ما زالت عالقة به .

الفصل التاسع عشر

النيكل

لم يعرف النيكل كعنصر مستقل إلا في النصف الأخير من القرن الثامن عشر ولو أن بعض المصادر تزعم أنه كان معروفا لدى قدماء الصينيين دون أن تثبت ذلك بصفة قاطعة .

وقد حدث في أواخر القرن السابع عشر أن عثر بعض المعدنين الألمان على النيكل الغفل أثناء تنقيهم عن المعادن فأسموه "كيفر نيكل" ومعناه النحاس الزائف وذلك لأنه كان يشبه النحاس الغفل في مظهره العام فظنوه نحاسا وعالجوه بالطرق المعروفة لديهم لاستخلاص ذلك المعدن من غفله فلم ينتج منه نحاس قط . ومع ذلك ظل الاعتقاد سائدا بأنه نحاس غفل متحد مع الكوبالت أو الزرنيخ حتى أثبت "برجمان" أن هذا المعدن ما هو إلا عنصر آخر في حالة غير نقية ، وكانت هذه أول خطوة في سبيل البحث الجدى لاستخلاص هذا المعدن .

والنيكل معدن أبيض صلب قليل التأثير بالمؤثرات الجوية لكنه يتأكسد قليلا إذا سخن لدرجات الحرارة الحمراء في الهواء ، أو إذا سخن في حضرة بخار الماء . قابل للطرق ^(١) والسحب حتى يمكن سحبه إلى صفائح وأشرطة لكنه إذا اختلط بقليل من الزرنيخ يفقد خاصية السحب . قابل للحام وينصهر على ١٤٥٠° مئوية وهي أقل قليلا من درجة انصهار الحديد . قابل

(١) تزداد قابلية النيكل للطرق اذا أضيفت اليه كمية من المغنيزيوم أو المانجنيز .

للتمغطس نوعا ما . يذوب ببطء في حامض الكلورودريك والكبريتيك
ويذوب قليلا في حامض الأزوتيك مكونا أزوتات النيكل ويتحد بسهولة
مع الكبريت والزرنيخ .

النيكل البكر — يوجد النيكل بكرا في الشهب الساقطة (النيازك) وقل
أن يوجد على هذه الحالة في الطبيعة .

النيكل الغفل — بيد أن أغلب النيكل يستخرج من مناجمه غفلا على
هيئة مركبات كيميائية مختلطة في الغالب ببعض الأخطاط الصخرية وبغفل
بعض المعادن كالكوبالت والحديد والنحاس وغيرها . وأهم أنواع النيكل
الغفل هي :

- (١) الكيفر نيكل أو النكولايت — وهو مركب من النيكل والزرنيخ .
- (٢) الملبيرايت أو بلند النيكل — وهو مركب من النيكل والكبريت .
- (٣) جلانس النيكل — وهو مركب من النيكل والزرنيخ والكبريت .
- (٤) الجارنيرايت — وهو مركب من سليكات المغنيزيوم والنيكل المائية .

استخلاص النيكل — تختلف طرائق استخلاص النيكل من غفا
باختلاف تركيب ذلك الغفل ، فان كان على هيئة كبريتيد أو زرنيخيد فانه يكون
عادة مصحوبا بالحديد والنحاس ، فيزال أغلب الحديد منه بالصهر والأكسدة
ويتخلف من ذلك ركاز غنى بالنيكل والنحاس فيفصل أحدهما عن الآخر إما
بالصهر في أفران وإما بالتحليل الكهربائي ، وفي الحالتين ينتج نيكل لا تقل
درجة نقائه عن ٩٨ إلى ٩٩ في المائة .

وطريقة الفصل بالأفران تتلخص فيما يأتى :

يعالج الركاز كيميائيا حتى ينفصل منه النحاس والمركبات الأخرى ويتخلف بعد ذلك معدن النيكل على هيئة أوكسيد ، فيخلط الأوكسيد بالهباب والزيوت ويكبس ثم يصهر فى أفران خاصة فيتحد الكربون الداخلى فى تركيب الهباب والزيوت مع أوكسجين الأوكسيد ويترك معدن النيكل تقيا .

أما الفصل بالتحليل الكهربائى فيتم ببضع طرائق نذكر منها الطريقتين الآتيتين على سبيل المثال :

(١) طريقة سافلسبرج وانشاف — يؤتى بالركاز المحتوى على ٦٥ — ٧٠ فى المائة من النيكل وبعض الحديد وقليل من النحاس ويسحق جيدا مع إضافة الماء أو محلول كلوريد الكلسيوم ، ثم يعالج بالكور فيذوب النيكل والحديد ويتحدر أغلب الكبريت ، ويتحول بعضه إلى حامض الكبريتيك ، كذلك يتكون حامض الكلوردرىك فيحول إلى أملاح بإضافة أوكسيد الحديد إليه . ثم يؤخذ المحلول ويرشح لإزالة ما به من المواد غير الذائبة وهى كبريتات الكلسيوم والكبريت والسليكا وأوكسيد الحديد وغير ذلك فيصبح عندئذ محتويا فقط على كلوريد النيكل وكلوريد الحديد فيسخن لدرجة ٦٠ — ٧٠ مئوية وتضاف إليه كمية من المعدن الغفل المسحوق ويساط عليه تيار من الهواء فيحل النيكل محل الحديد الذى يرسب على هيئة ح (يد ١) ٣ . وبالترشيح يصبح المحلول محتويا فقط على كلوريد النيكل فيوضع فى حوض متصل بدائرة كهربائية قطبه السالب لوح من النيكل وقطبه الموجب من الجرافيت ، ويأمرار تيار كهربائى بالحوض ينفصل النيكل ويلتصق بالقطب السالب مكونا جسما متماسكا محتويا على نحو ٩٩,٩ ٪ من النيكل والباقى من الحديد والنحاس والسليكا والكربون والزرنيخ والأنتيمون الخ .

طريقة هيبينيت — يؤتى بالركاز المحتوى على ٤٧ ٪ من النيكل و ٣٠ — ٣٢ ٪ من النحاس و ٠,٢ — ٠,٥ من الحديد و ٢٠ ٪ من الكبريت ويخصص لإزالة أغلب الكبريت منه، ثم يغمر في محلول محتو على ١٠ ٪ من حامض الكبريتيك لإزالة جزء كبير من أوكسيد النحاس الموجود به الذى يذوب في الحامض . وما يتخلف بعد ذلك يصهر ويصب على شكل سيقان تحتوى على نحو ٦٥ ٪ من النيكل و ٣ — ٨ ٪ كبريت و ٣٠ ٪ نحاس و قليل من الحديد ، وتوضع هذه السيقان في أحواض متصلة بدائرة كهربائية ومحتوية على محلول كبريتات النيكل ، وتوصل بالقطب الموجب ، أما القطب السالب فيوصل بالواح من الحديد مدهون بطلاء رقيق من الجرافيت المندى بالماء . وبمرور التيار الكهربائى ينفصل النيكل عن السيقان ويتجه نحو ألواح الحديد فيعلق بها على شكل ألواح متماسكة تفصل بسهولة عن الألواح الحديدية وتغسل في محلول من حامض الكبريتيك المخفف لإزالة ما قد يكون عالقا بها من الأملاح القاعدية ثم تجفف وتقطع وتعرض في السوق ، تستخدم هذه الطريقة بكثرة في كندا في الوقت الحاضر .

ويستخلص النيكل من بعض أنواع غفله بتحويلها إلى مركب نيكلى قابل للتبخير يسمى ” كاربونيل النيكل “ [Ni(CO)_4] ويتركب من نيكل و كربون وأوكسجين . وطريقة ذلك أن يخصص المعدن الغفل أولا لتحويله الى أولسيد ثم يسخن الأوكسيد في جو مختل لدرجة ٣٠٠ ° مئوية لاختزال الاكاسيد وتحويلها إلى خليط من المعادن ويسخن الخليط الناتج لدرجة ١٠٠ ° مئوية في جو محتو على أول أوكسيد الكربون تحت ضغط يعادل ٢٢٠ رطلا على البوصة المربعة فيتحد النيكل مع الكربون والأوكسجين ويتباخر على هيئة كاربونيل يستقبل في أوعية خاصة ويسخن إلى درجة ٢٠٠ ° مئوية في ضغط

جوى عادى (١٤,٧ رطل على البوصة المربعة) فيتحلل بخار الكربونيل الى نيكل حروا أول أوكسيد الكربون الذى يستقبل على حدة ويستعمل ثانيا .

وهناك طريقة أخرى لاستخلاص المعدن من سليكات النيكل المائية، وذلك بتسخين السليكات فى فرن صغير (دست) بعد خلطها بكبريتات الكلسيوم (الجبس) أو بعض العوادم القلوية مثل كبريتيد الكلسيوم فيتحول الخليط الى ركاز غنى بكبريتيدات الحديد والنيكل وباستمرار التسخين يتحول كبريتيد الحديد الى أوكسيد الحديد الذى يتحد مع السليكا فيستحيل الى خبث ويزال . أما كبريتيد النيكل فانه يكلس فى أفران خاصة فيتحول الى أوكسيد النيكل فيعالج هذا الأوكسيد بطريقة الزيوت والهباب السابق شرحها .

استخدام النيكل — يستخدم النيكل بدرجة كبيرة فى عمايات الطلاء التى تجرى على المعادن الرخيصة وذلك نظرا لجمال مظهره وحسن صقله ومشابهته للفضة، وأيضاً لقلّة تأثيره بالعوامل الجوية . كذلك يدخل فى تركيب كثير من السبائك مع بعض المعادن الأخرى لتعديل خصائصها كزيادة الصلابة أو قابلية السحب أو جودة التوصيل أو لإكساب سطحها صقله لامعة . وهو من أهم مركبات السبائك المعدنية المعروفة باسم الفضة الألمانية السابق ذكرها فى فصل النحاس . ويستخدم النيكل أيضاً عملة للتداول فى كثير من الممالك وفى هذه الحالة يخلط بالنحاس بنسبة ٢٥ ٪ نيكل و ٧٥ ٪ نحاس غالباً .

الفصل العشرون

الألومنيوم

هو أحد المعادن التي اكتشفت في أواخر القرن الماضي ، ويرجع تاريخ اكتشافه إلى عام ١٨٤٥ حيث أمكن استخلاصه من مركباته كمعدن مستقل. وقد كان الباعث على اكتشافه رغبة الكيميائيين في معرفة العناصر التي تتكون منها المركبات التي تقع في أيديهم وكان من ضمن تلك المركبات أوكسيد الألومنيوم المعروف بالألومينا (Al_2O_3) وكذلك كلوريد الألومنيوم ($AlCl_3$) فنجح "وهلر" في استخلاص معدن الألومنيوم من المركب الأخير بتسخينه مع البوتاسيوم وكان المعدن الناتج على هيئة مسحوق رمادي اللون فاتح . ثم تابعت التجارب حتى أمكن استخلاص المعدن في عام ١٨٤٥ بلونه الحقيقي المعروف به الآن . وكان لاكتشاف هذا المعدن ضجة كبيرة في الأوساط الكيميائية والمعدنية وعرضت منه نماذج في سراى الصناعات بباريس عام ١٨٥٥ استرعت انتباه أقطاب الصناعة والتجارة ، وقد سموه وقتئذ "فضة الأرجيل" وبيعت منه كميات قليلة بسعر ١٢٠ جنيها للكيلوجرام ثم اتسع نطاق استخلاصه تدريجيا فهبطت قيمته حتى وصل سعره إلى ٨٠ جنيها للطن الواحد أي ٨ قروش للكيلوجرام في عام ١٩١٠ ولا يزال سعره منخفضا للآن .

والألومنيوم معدن فضي اللون يقبل الصقل جيدا ، وهو أخف المعادن وزنا يبلغ ثقله النوعي ٢,٥٦ ويزداد بالضغط حتى يصل إلى ٢,٦٨ وذلك عند تحويله إلى سيقان أو ألواح ، أي أنه يعادل ثلث الثقل النوعي للحديد تقريبا . موصل

جيد للحرارة والكهرباء، يقبل السحب والطرق بسهولة ما بين ١٠٠ و ١٥٠° مئوية وبتكرار تخميره يمكن سحقه الى اسلاك كما يمكن تحويله الى ألواح ورقائق باستمراره في آلات الخلخ . متوسط في قوة التماسك، يطرأ عليه تغير مهم عند تسخينه الى ٥٣٠° مئوية فيصبح هشاً . يمكن سحقه بسهولة . ينصهر على ٦٥٨° مئوية ويغلي عند ١٨٠٠° وينكش كثيراً عند برودته . لا يتأثر بالهواء الجاف ويتأثر بالهواء الرطب والماء المغلي فيعلوه غشاء خفيف من الأوكسيد يبق بقية المعدن من التأكسد . يتأكسد ببطء شديد عند تسخينه الى ٧٠٠° أو ٨٠٠° مئوية لكنه إن سخن لدرجات أعلى من ذلك يشتعل بلهب وضاء مصحوباً بحرارة شديدة ويتحول الى أوكسيد الألومنيوم . ويكون اشتعاله أشد إن كان على هيئة مسحوق .

الألومنيوم الغفل — لا يوجد الألومنيوم بكرة في الطبيعة على الإطلاق لكن مركباته عدة جداً ومنتشرة في جميع أرجاء الأرض ولهذا السبب يعتبره بعض الكيميائيين الثالث في الانتشار بعد الأوكسجين والسليكون في العالم وأشهر هذه المركبات هي :

(١) الألومينا (أوكسيد الألومنيوم) — تظهر في مظاهر شتى، فحجر الكوراندوم الشديد الصلابة والياقوت الأحمر والياقوت الأزرق ما هي إلا أنواع غير نقية من الألومينا . وصنفرة الحديد وحجر الخلخ ما هي إلا كوراندوم مختلط بأوكسيد الحديد . كذلك الجبسيت والبوكسيت والدياسيور ما هي إلا أنواع من الألومينا المائية . ويوجد البوكسيت عادة مختلطاً بقليل من أكسيد الحديد والتيتانيوم والسليكون .

(٢) الكريولايت — ومعناه الحرفي (الحجر الثلجي) وهو فلوريد الألومنيوم والصوديوم ويوجد بكثرة في جنوب جرينلاند على شكل أجسام جامدة

متبلورة زجاجية تشبه في مظهرها الثلج الأغيش، وتستخدم كمادة مساعدة للصهر
وكعامل غير مباشر في استخلاص معدن الألومنيوم كذلك تدخل في صناعة
(الشبة) وبعض أملاح الألومنيوم .

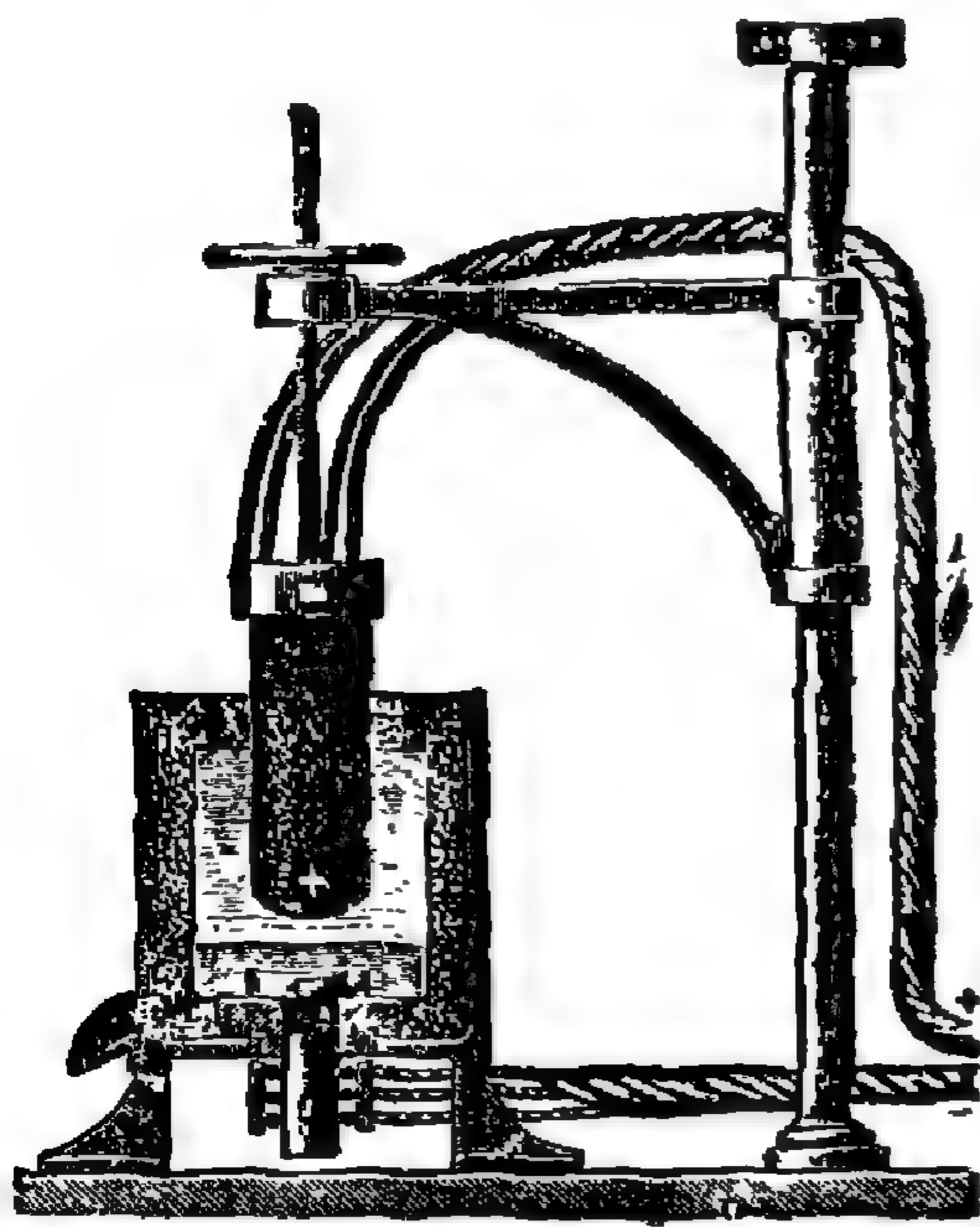
(٣) سليكات الألومنيوم — وتشمل أغلب أنواع الطين العادي والحرارى
والخزفي وتحتوى من ٢٠ إلى ٣٠ فى المائة من الألومينا .

استخلاص الألومنيوم — طبعى أن يتبادر للذهن لأول وهلة أن يكون
استخلاص الألومنيوم من أنواع الطين المختلفة لكثرة انتشارها ولرخص ثمنها
الذى يكاد يبلغ حد العدم، لكن حال دون ذلك عدم توصل الكيميائيين الى
طريقة قليلة التكاليف يمكن بها فصل السليكا عن الألومينا . وعلى ذلك
أصبح الألومنيوم يستخلص فقط من البوكسيت (الذى هو الومينا مائية غير
نقية) وذلك بعد تنقيته من أخلاطه بالوسائل الكيميائية ثم تحليله بالطرق
الكهربائية .

طريقة التحليل بالكهرباء — تقرر هذه الطريقة باسم "هول" فى أمريكا
وباسم "هيرولت" فى أوربا، وتتخلص فى استخلاص الألومنيوم من البوكسيت
السابق ذكره وذلك بعد تنقيته من أخلاطه بالوسائل الكيميائية ثم إذابته
فى الكريولايت (فلوريد الألومنيوم والصوديوم) وتحليله بإمرار تيار كهربائى
فيه . وينتج البوكسيت من أخلاطه بجملة طرائق: أهمها أن يحض على درجة
حرارة منخفضة فتتحول أكاسيد الحديد المنخفضة الموجودة فيه الى أكاسيد
عالية ، ثم يغمر فى إناء محتو على الصودا الكاوية تحت ضغط فتذوب
الألومينا ولا يذوب أكسيد الحديد، وعندئذ تنحرف محتويات الإناء بالماء،
وترشح لإزالة أكسيد الحديد منها، ثم يعالج السائل المرشح بإيدروكسيد

الألومنيوم فترسب أغلب الألومينا بحالة نقية تقريبا في قاع الإناء، ثم تغسل وتجفف وتصبح صالحة للتحليل بالكهرباء .

ويجرى التحليل في حوض يقوم بوظيفتين معا، وهما الصهر^(١) والتحليل، وتصنع جدران هذا الحوض من ألواح معدنية تبطن بمادة كربونية أو بالألومينا (والأخير هو الأفضل). وتتدلى في هذا الحوض عدة كتل من الفحم مربوطة من أعلى بسلك متين من النحاس (كابل) متصل بالقطب الموجب لينبوع كهربائي بطريقة تسمح بخفض هذه الكتل ورفعها حسب الطلب كما هو مبين بشكلي ٨٣ (أ ، ب) ويوجد بأحد جدران الحوض منفذ ذو مجرى لاستقبال المعدن منه كما يوجد في أسفله لوح (مؤشر عليه في الشكل



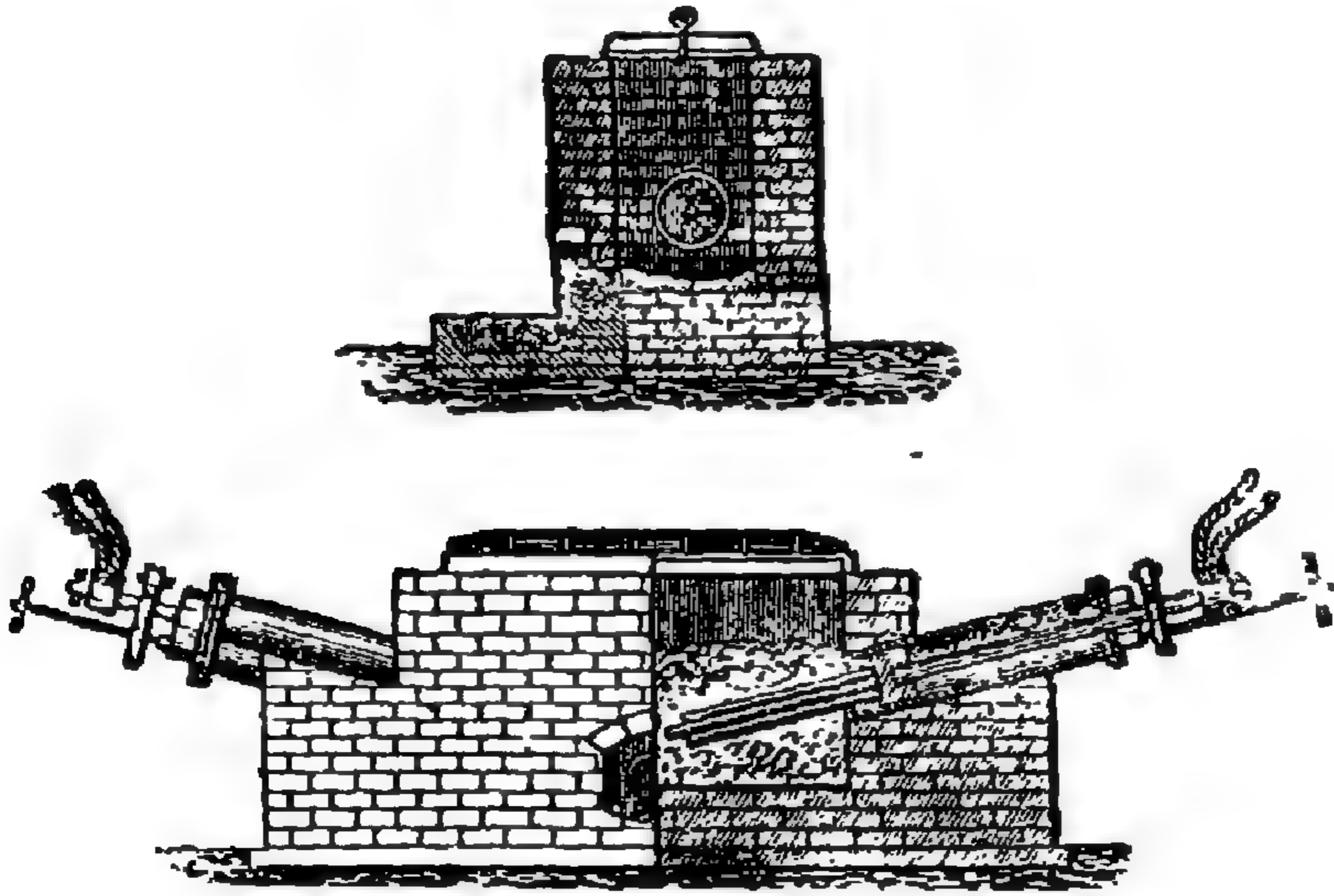
بعلامة —) متصل بكابل إلى القطب السالب لينبوع الكهربائي نفسه . ويحسن تبريد هذا اللوح بعمل تجويف في الأصابع المتدلية منه والسماح للماء البارد بالمرور في هذا التجويف بشرط ألا يتسرب إلى داخل الحوض . وتبدأ عملية الاستخلاص بخفض كتل الفحم داخل الحوض حتى تلمس اللوح المتصل بالقطب السالب

(شكل ٨٣ "أ" — فرن التحليل الكهربائي لاستخلاص الألومنيوم)

فتقلل الدائرة الكهربائية ويسرى التيار فيها وعندئذ ترفع الكتل عن اللوح مسافة قصيرة جدا تمنع التماس المباشر، فيمر قوس كهربائي قوى بين اللوح

(١) لهذا السبب تسمى هذه الأحواض أحيانا أفران التحليل الكهربائي .

وكل كتلة . ثم يؤتى بمسحوق الكريولايت ^(١) ويوضع في الحوض فينصهر بفعل الحرارة الناتجة من مرور الأقواس الكهربائية وكلما انصهر منه جزء تضاف إليه كمية أخرى منه ومعها جزء من الألومينا النقية حتى يمتلأ الحوض تقريبا ، وفي خلال ذلك ترفع كتل الكربون تدريجيا بعيدا عن اللوح وتذوب الألومينا في الكريولايت المنصهر مثلما تذوب كبريتات النحاس في الماء فيتكون محلول معدني ، و بمرور التيار الكهربائي تتحلل الألومينا وينفصل منها معدن الألومنيوم ويرسب في قاع الحوض ويسحب منه من وقت لآخر عن طريق المنفذ ذي المجرى . ويلزم الحذر خلال العملية من ارتفاع منسوب الألومنيوم المنصهر حتى لا يلامس كتل الكربون لأنه إن فعل يحدث قصرا



(شكل ٨٣ "ب" — فرن التحليل الكهربائي لاستخلاص الألومنيوم)

في الدورة الكهربائية . كذلك يلزم مراعاة أن تكون درجة حرارة الخليط المعدني طوال العملية من ٧٥٠° إلى ٨٥٠° مئوية .

(١) يخلط الكريولايت أحيانا ببعض أنواع الفلوريد أو الكلوريد مثل فلوريد أو فلوريد

والألومنيوم المستخلص من هذه الطريقة يكون عرضة للاتحاد كيميائيا مع العناصر المعدنية واللامعدنية فيفسد نقاؤه، ولهذا السبب يحسن أن تعمل بطانة الحوض من الألومينا بدلا من الكربون ولو أن الأخير كثيرا ما يستخدم في صنع هذه البطانة . والسبب نفسه يحسن تبريد اللوح السالب بالماء إن أمكن حتى تبرد طبقة الألومنيوم التي تلامسه وتتجمد فتحول بينه وبين الألومنيوم المنصهر .

والبطانة — ان كانت من الألومينا — تذوب تدريجيا في الخليط المعدني لكن هناك حدا يقف عنده الذوبان، وذلك عند ما ترق البطانة فيزيد معدل فقد الحرارة بالتشعع لدرجة أن طبقات الخليط الملامسة للبطانة تبرد وتتجمد فتحول دون ذوبان البطانة الباقية .

وبما أن ككل الفحم تتآكل تدريجيا فيلزم تغييرها بأخرى جديدة من وقت لآخر . أما الكربولات فانه في الواقع لا يتأثر بهذه العملية ولا يتغير مقداره ، لأنه يقوم بوظيفة أداة فقط في عملية الاستخلاص ، وعلى ذلك يمكن استعماله مدة طويلة ولا يتغير الا عند ما تكثرفيه الأوساخ المنفصلة من الألومينا فيصبح غير صالح للاستعمال ، وعندها فقط يستبدل به كربولات آخر نظيف ورغبة في عدم الإسراف في الكربولات يحسن أن تكون الألومينا المستخدمة في هذه الطريقة نقية بقدر المستطاع .

وكية الكربون والكهرباء المستهلكة في هذه العملية كبيرة . ويقدر ما يلزم لاستخلاص أوقية واحدة من الألومنيوم بنحو كيلووات في الساعة من الكهرباء وبنحو أوقية من الكربون تتآكل من الككل .

استخدام الألومنيوم — يستخدم الألومنيوم في صنع أغلب الأدوات المنزلية من أوان للطبخ والمائدة كما يستخدم في صنع بعض الأجهزة الدقيقة

والعدد الجراحية والأجزاء المعدنية للملابس العسكرية وبعض أجزاء الطائرات والسيارات وما شاكلها وفي صنع كثير من الزخارف المتنوعة من منزلية وخلافه.

ويستخدم بكميات كبيرة في صناعة البويات وذلك بسحقه وعجنه بالزيت فتطلى به مواسير البخار والغلاف الخارجى لبعض السيارات وغيرها من الأشياء المعرضة للحرارة ولفعل التقلبات الجوية .

كذلك يلاحظ مما سبق ذكره في صناعة الصلب أن إضافة كمية صغيرة من الألومنيوم الى الصلب المنصهر بعد استخراجها من الأفران تساعد على التخلص من بعض الغازات الموجودة فيه وتحول دون تأكسده. وهذا ينطبق على كثير من المعادن الأخرى فيضاف إليها الألومنيوم بعد صهرها لمنع تأكسدها وهي ساخنة .

وتستخدم أسلاك الألومنيوم كموصلات للكهرباء إلا أنها وإن قلت عن النحاس في جودة التوصيل إلا أنها أخف منه وزناً فلا تحتاج الى دعائم قوية لحملها .

ويستخدم الألومنيوم الآن في المسابك المصرية في عمل كثير من المسبوكات الخفيفة الوزن .

سبائك الألومنيوم — يدخل الألومنيوم في تركيب سبائك عدة أهمها ما يأتي :

(١) البرنز الألومنيومى — وتختلف نسبة الألومنيوم فيه من ١ إلى ١٠ في المائة والنوع الذى يحتوى على ٩٠ في المائة من النحاس و ١٠ في المائة من الألومنيوم صلب متماسك مرن وخفيف لونه بنى ضارب للأصفرار وتعمل منه هياكل البخوت المائية .

(٢) الماغنسيوم — وهو الاسم التجارى الذى يطلق على سبيكة تحتوى على نحو ٩٠ فى المائة من الألومنيوم ومن ٢ إلى ١٠ فى المائة من المغنيزيوم ثم على نسب صغيرة من معادن أخرى. وتجمع هذه السبيكة جميع مزايا الألومنيوم دون عيوبه فقوة تماسكها أعظم من الألومنيوم ويمكن خراطها بسهولة على المخارط . وتأثرها بالجو فى بعض الحالات أقل من الألومنيوم أو الزنك أو النحاس أو البرنز، وعلى ذلك حلت هذه السبيكة محل الألومنيوم فى أغراض كثيرة .

(٣) الدورالومين — ويحتوى على نحاس من ٣,٥ — ٥,٥ فى المائة و٥,٥ فى المائة مغنيزيوم و ٥,٥ فى المائة مانجنيز والباقي ألومنيوم. وتلك السبيكة تعتبر من أخف السبائك وأقواها حيث يبلغ ثقلها النوعى ٢,٨ وتحمّل ١٧ طناً على البوصة المربعة . وأعظم استطالة لها ١٧ فى المائة ويمكن تقسيئها كتقسية الصلب بالغمس فى الماء فيزداد جهد الشد فيها إلى ٢٦ طناً على البوصة المربعة ، تصل الاستطالة إلى ٢٧ فى المائة، مما يجدر ذكره أن لتلك السبيكة خاصية فذة ، فيبعد معالجتها الحرارية للتقسية تستكمل صلابتها المرجوة بعد مدة من الزمن قد تصل أحيانا إلى يوم أو يومين. وتزداد صلابته تلك السبيكة عند إمرارها بآلات الخلخ، وقد وجد أن جهد الشد بلغ ٣٤ طناً على البوصة المربعة بعد إمرارها بآلات الخلخ ، من سمك ٧ ملليمتر إلى ملليمتر واحد ، وتستعمل تلك السبيكة فى صنع المنشآت الخفيفة الوزن الكبيرة المقاومة، وأكبر استعمالاتها فى الوقت الحاضر فى بناء هياكل المناطيد والطائرات .

الفصل الحادى والعشرون

الكروم . المانجنيز . الانتيمون . المغنيزيوم . البلاتين

الكروم — معدن حديث ترجع معرفتنا به إلى أواخر القرن الثامن عشر ولم يتيسر للآن استخلاصه تام النقاء بكميات كبيرة تكفى لدراسة خصائصه الطبيعية دراسة وافية ، لذلك يمكننا أن نقول على وجه التقريب إنه معدن شديد الصلابة يشبه الصلب فى لونه ينصهر على 1520° مئوية ويغلى على نحو 2200° مئوية إذا كانت درجة نقائه من ٩٨ إلى ٩٩٪ ويحتمل أن تزيد درجة صهره عن 2000° إن كان تام النقاء. لا يتأثر بالجو ولا يتأكسد حتى لو سخن إلى درجة الاحمرار فإن سخن إلى أكثر من ذلك يتأكسد ويكون أوكسيد الكروم (Cr_2O_3) . يذوب فى حامضى الكلورودريك والكبريتيك المخففين مكونا كلوريد الكروم وكبريتات الكروم على التوالى ولا يذوب فى حامض الأزوتيك .

الكروم الغفل — لا يوجد الكروم بكرة فى الطبيعة لكنه يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية ذات ألوان واضحة ولهذا السبب سمي ” كروما “ ومعناها باللغة اليونانية القديمة ” اللون “ . وأهم أنواعه الغفلة هى :

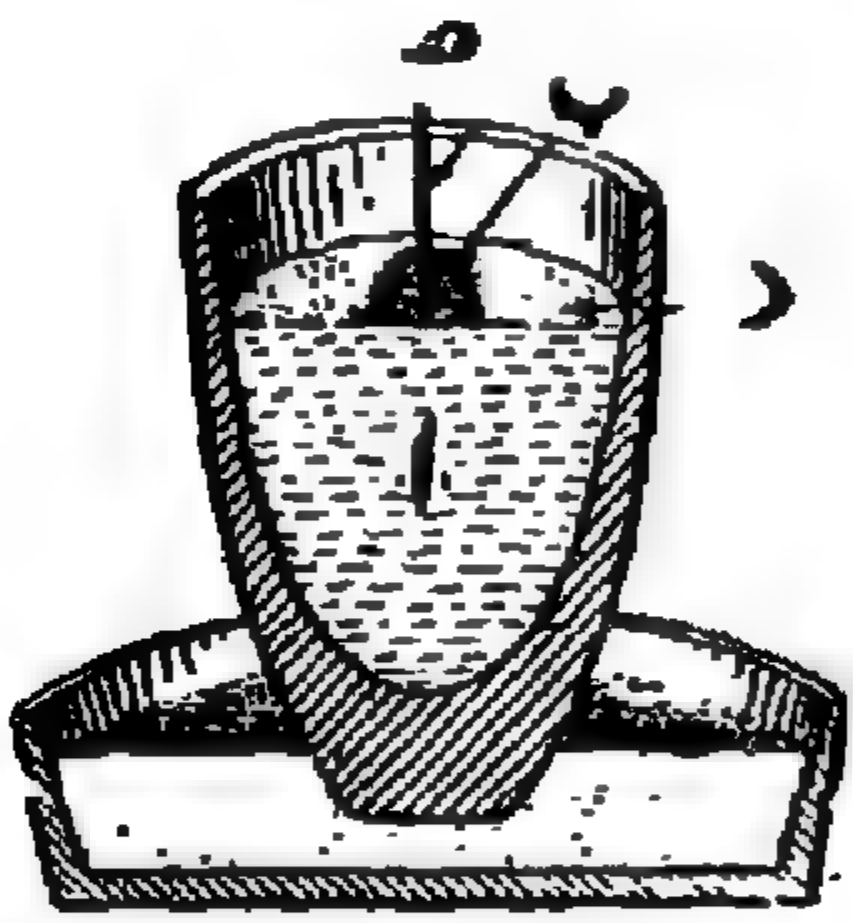
أهرة الكروم — وهى عبارة عن أوكسيد الكروم (Cr_2O_3) مختلط بمواد أرضية .

الكروميت — وتركيبه الكيميائى ح (Cr_2O_3) وهو أهم معدن غفل للكروم ويستخدم مباشرة فى تحضير سبائك الكروم الحديدى الآتى ذكرها بعد ، كما يستخدم فى عمل البطانات المحايدة للأفران (انظر صفحة ٤٢) .

كرومات الرصاص وكلوريد الكروم — وهذه توجد بكميات قليلة .

استخلاص الكروم من غفله — بما أن أهم أنواع الكروم الغفل هي الاوكسيدات فإن المعدن يستخلص منها باختزال الأوكسيد وذلك بصهره في بودقة أو فرن كهربائي على درجة حرارة مرتفعة جدا مع الكربون أو الألمنيوم ويستخلص المعدن أحيانا من غفله الكلوريدى بنخلطه مع النواشدر وتحليل الخليط كهربائيا أو صهره مع الزنك أو المغنزيوم .

طريقة جولد شمت^(١) — وهي أهم طريقة لاستخلاص الكروم من غفله الاوكسيدى وتتخلص في خلط أوكسيد الكروم خلطا محكما مع مسحوق الألومنيوم ووضع الخليط في بودقة صلصالية بحيث يملأ نحو ثلثها كما هو مبين بالحرف "أ" في شكل (٨٤) ثم يؤتى بخليط آخر مركب من



(شكل ٨٤)

مسحوق الألومنيوم وبيروكسيد الصوديوم أو الباريوم ويوضع فوق الخليط الأول كما هو مبين عند "ب" ويثبت فيه شريط من المغنزيوم "ح" وتوضع فوق الخليطين طبقة "د" من مسحوق كلوريد الكالسيوم ثم توضع البودقة في صينية من الرمل حتى

إذا كسرت الأولى خلال العملية تنسكب محتوياتها في الثانية . ويشعل الشريط "ح" فاذا ما وصل اللهب إلى الخليط "ب" يشتعل الألومنيوم الموجود فيه بفرقة شديدة ويلزم عندئذ الاحتياط لحماية أيدي وأوجه العمال المباشرين للعملية . والحرارة الناتجة من الاشتعال تكون شديدة جدا فتصهر

(١) يمكن استخدام طريقة مشابهة لهذه تماما في استخلاص المانجنيز وغيره من المعادن من

غفله (انظر المانجنيز) .

الخليط "أ" فيتفاعل الألومنيوم وأوكسيد الكروم المتركب منهما ويمثل هذا التفاعل كما يأتي :



أوكسيد الكروم + الألومنيوم = كروم + أوكسيد الألومنيوم .

ويرى من هذا أن نتيجة التفاعل تحول الخليط إلى أوكسيد الألومنيوم وكروم حر . وعندما تبرد البودقة يوجد الكروم في قاعها على شكل كتلة صغيرة وماعدا ذلك يكون خبثا . وما هذا الخبث الا ألومينا انصهرت أثناء العملية ثم تبلورت عند برودتها وكونت نوعا من الكورندام الصناعي يطلق عليه اسم "كريوبن" تميزا له من الكورندام الطبيعي (انظر الألومينا في فصل الألمنيوم) .

وهذه العملية لا تستغرق أكثر من نصف ساعة وتتولد فيها حرارة شديدة جدا تكفي لصهر أى معدن غفل مهما كان نوعه وفي بعض دقائق تصل درجة الحرارة إلى ٣٠٠٠ مئوية وهذه تعادل درجة حرارة القوس الكهربائي ، وعلى ذلك تعتبر هذه الطريقة أحسن وأسرع وأرخص من طريقة الاختزال بالفرن الكهربائي .

استخدام الكروم — لا يستخدم الكروم بمفرده كمعدن مستقل في الأعمال الصناعية أو الزخرفية إنما يدخل فقط في تركيب بعض السبائك المعدنية وأهمها سبيكة الكروم الحديدى التى تحتوى على نحو ٦٠ فى المائة من الكروم و ٢ فى المائة من الكربون والباقي من الحديد . وتحضر هذه السبيكة بصهر الكروميت فى أفران كهربائية وتستخدم فى صنع بعض أنواع صلب السبائك السابق شرحها فى الفصل الثانى عشر . ووجود الكروم فى الصلب يزيد فى صلابته وكثافته وتماسكه ومرونته ومقاومته للثنى والالتواء .

بعض مركبات الكروم — وأهمها كرومات البوتاسيوم وكرومات الصوديوم وتستخدم كمادة ملونة في صنع البويات مثل الكروم الأصفر والكروم الأحمر الخ... كذلك تستخدم في دباغة بعض أنواع الجلود وصنع النعل الكرومي المشهور ذي اللون الأبيض الضارب للخرقة .

المانجنيز — يحتمل أن هذا المعدن أو بعض مركباته كانت معروفة لدى قدماء المصريين والرومان وأنهم كانوا يستخدمونها في تبييض الزجاج إذ أثبت التحليل الكيميائي أن زجاجهم كان يحتوى على نحو ٢ في المائة من أوكسيد المانجنيز .

ويرجع الفضل في استخلاص هذا المعدن من مركباته في العصور الحديثة إلى مجهودات ”برجمن“ و”ج . ف . جون“ .

والمانجنيز معدن هش شديد الصلابة قابل للصقل لونه سنجابي تفرق فيه حمرة خفيفة ينصهر على ١٢٢٥° مئوية ويغلي على ١٩٠٠° مئوية تقريبا ثم يتباخر في الفرن الكهربائي . يتأكسد سطحيا إذا عرض لجو عادي ويتفاعل مع الماء إذا وضع فيه فيحطه إلى عناصره . يتحد بسهولة مع الكربون والسيكون ويذوب بسرعة في الأحماض ، شديد الشراهة للأوكسجين ، ويكون معه بضع أوكسيدات تبلغ الستة عدا . وهو أشد شراهة للأوكسجين من الأندروجين أو أول أوكسيد الكربون ، فان سخنت أكاسيد هذا المعدن في جو حافل بهذين الغازين فلا يتخلل بل يتحول إلى أول أوكسيد المانجنيز فقط . والواقع أن أوكسيدات المانجنيز لا تتخلل إلا إذا سخنت مع الكربون فيتحد الأخير مع أوكسجينها ويترك المعدن حرا .

المانجنيز الغفل — لا يوجد المانجنيز بركا في الطبيعة على الإطلاق إنما يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية عدة أهمها ما يأتي .

(١) الأوكسيدات — وتشمل البايروليوزايت (م أ_٢) والبرونايت (م أ_٣) والهوسمانيت (م أ_٣) والماتجانايت (م أ_٣ . يد أ_٢) .

(٢) الكربونات (م ك أ_٣) — وتوجد غالبا مختلطة بغفل الحديد الكربوني .

(٣) بلند المانجنيز (م كب) — ويوجد بكميات قليلة نسبيا .

(٤) سليكات المانجنيز (م ص أ_٣) — وتوجد بكميات قليلة نسبيا .

ويوجد المانجنيز الغفل بكثرة في روسيا حيث تصل نسبة المانجنيز في أجود أنواعه إلى نحو ٥٠٪ كذلك يوجد في كثير من ممالك العالم، وقد اكتشفت مناجمه من عهد غير بعيد في البلاد المصرية ويستخرج منها الآن كميات لا بأس بها على هيئة مانجنيز حديدي، وأهم المناطق التي يستخرج منها هي أبو زينة وأم بوجما الواقعتين على ساحل البحر الأحمر .

استخلاص المانجنيز من غفله — الطريقة القديمة لاستخلاص المعدن من غفله هي بتسخين أوكسيده مختلطا بالكربون فيختزل الأوكسيد ويترك المانجنيز حرا . ويستخلص المعدن أيضا باختزال كلوريد المانجنيز بعد خلطه بكلوريد البوتاسيوم وسخين الخليط في بودقة مع المغنزيوم أو الصوديوم لكن أحسن طريقة لاستخلاصه هي خلط ثاني أوكسيد المانجنيز الجاف بمسحوق ناعم من الألومنيوم ووضع الخليط في بودقة وإلهابه بواسطة شريط من المغنزيوم فيتحول الخليط إلى الومنيا وما نجنيز حر^(١)

(١) هذه الطريقة مبنية على طريقة جولدمثت المشروحة تفصليا (في الكروم) .

استخدام المانجنيز — لا يستخدم المانجنيز بمفرده كمعدن مستقل في الأعمال الصناعية أو الزخرفية لكنه يختلط بغيره في صنع السبائك أو المركبات المانجنيزية . وأهم السبائك هي :

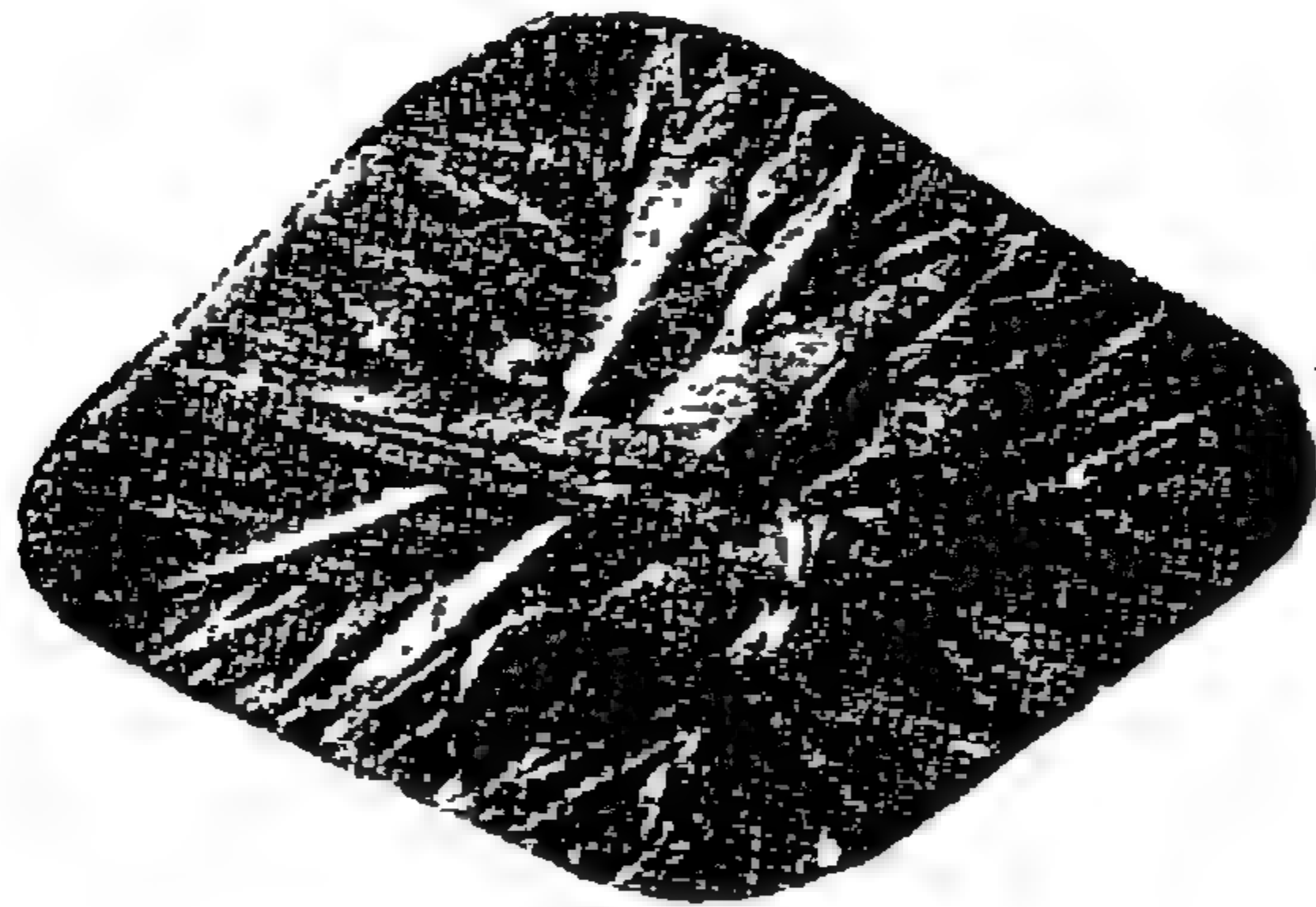
الصلب المانجنيزي — هو شديد الصلابة ويستخدم في صنع الخزن الحديدية المضغوطة ضد سطو اللصوص وفي صنع الأجزاء الساحقة لطواحين المعادن الغفلة وما شابهها .

البرنز المانجنيزي — ويحتوى على ٣ في المائة من المانجنيز ويستخدم في عمل ريش رفاصات البواخر لشدة مقاومته للثني والالتواء ولقلة تأكله بفعل المياه المالحة .

النحاس المانجنيزي — وهو سبيكة من النحاس والمانجنيز يحصل عليها باختزال أكاسيد هذين المعدنين بوضعهما في بودقة من الجرافيت في فرن عاكس . وأهم المركبات المانجنيزية هو المانجنيز الحديدى والاسبيجل وكلاهما يستخدم بكثرة في صناعة الصلب حيث يضافان إليه عند استخراجهما من أفرانه كما سبق شرح ذلك تفصيلا في فصل الصلب .

الأنثيمون — لم يعرف الأنثيمون إلا في أواخر القرن الرابع عشر حيث أمكن حينئذ تحضيره من مركباته ودراسة بعض خصائصه . وما كاد ينتهى القرن الثامن عشر حتى كان الأنثيمون قد استوفى دراسة وتمحيصا أكثر من أى عنصر آخر . ومع ذلك فبعض مركبات الأنثيمون كانت معروفة من قديم الزمان لا سيما كبريتيد الأنثيمون المعروف عند المعدنين باسم "استيننايت" فهذا المركب عرفه العرب وأسموه "حجر الكحل" واستخدموه أثمدا أى كحلا يكتحلون به للزينة أو للعلاج وقد ورد ذكره في كتب جابر بن حيان الكيميائى العربى الشهير .

والأنثيمون يشترك مع المعادن في أغلب خصائصه ويشبه اللامعادن في رداءة توصيله للحرارة والكهرباء وفي بعض الخصائص الأخرى فهو والزرنيخ سواء في ذلك ويطلق عليهما اسم "أشباه المعادن" (انظر صفحة ٤ من الفصل الأول). لونه أبيض ضارب للزرقة (فضي). ذو لمعة معدنية شديدة وتركيب متبلور. هش جدا ويمكن سحقه بسهولة تامة. ينصهر على ٤٥٠° مئوية ويتباخر ببطء في درجات الحرارة البيضاء وإذا ترك ليبرد ببطء في بودقة فان الأجزاء الملاصقة لجدران البودقة تتجمد طبيعيا قبل الأجزاء الموجودة في وسطها فإن أزيلت الأخيرة يرى أن الأنثيمون قد جمد على جوانب البودقة على شكل طبقة متبلورة ذات رسوم واضحة شبيهة بأوراق شجرة الخنشار (Fern Tree) كما هو مبين بشكل (٨٥).



(شكل ٨٥)

ومن أهم خصائص الأنثيمون أنه يتمدد قليلا عند تجمده ويخلع هذه الخاصية على سبائكها فيجعلها صالحة لعمل المسبوكات المحدودة الأركان.

الأنثيمون الغفل — يوجد الأنثيمون بكرا بكميات قليلة في بورنيو وبعض الجهات الأخرى ويكون في الغالب مصحوبا بالزرنيخ. ويوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية أهمها :

زهرة الأنتيمون — وهى أوكسيد تركيه الكيميائى (ن_٢ أ_٣) .

أهرة الأنتيمون — وهى أوكسيد تركيه الكيميائى (ن_٢ أ_٤) .

الاستيننايت — ويعرف عند العرب باسم حجر الكحل وهو أهم الأنواع ويوجد فى الغالب بحالة نقية. لونه سنجابى ضارب للسواد وتركيبه الكيميائى (ن_٢ كب_٣) أى كبريتيد الأنتيمون .

يلند الأنتيمون أو الأنتيمون الأحمر — وتركيبه الكيميائى (ن_٢ كب_٣ أ_١) أى أنه مركب من أنتيمون وكبريت وأوكسجين .

استخلاص الأنتيمون — يستخلص الأنتيمون غالبا من الاستيننايت النقى (كبريتيد الأنتيمون) وذلك بسحق هذا الغفل وصهره مع خردة الحديد فى بواق من الجرافيت فيتحد الحديد مع الكبريت مكونا خبثا يطفو على سطح الأنتيمون الحر المنصهر .



كبريتيد الأنتيمون + حديد = كبريتيد الحديد + أنتيمون

بعد ذلك يكرر الأنتيمون الناتج لإزالة الحديد الزائد منه فيعاد صهره مع كمية أخرى من كبريتيد الأنتيمون ومادة مساعدة للصهر فيزول الحديد منه وقد يستدعى الأمر أحيانا إعادة عملية التكرير دفعتين أو ثلاثا .

استخدام الأنتيمون — يستخدم الأنتيمون على الأخص فى السبائك المعدنية المطلوب تحويلها الى مسبوكات محدودة الأركان ، وذلك لما له من خاصية التمدد عند تجمده . وأهم السبائك التى يدخل فى تركيبها هى سبائك حروف الطباعة ومعدن بريطانيا الخ . السابق شرحها فى الفصول الماضية .

المغزيوم — في سنة ١٦٩٥ وجد في بلد " أبسن " بانجلترا ينبوع مياه معدنية لوحظ أن له خصائص طبية فأطلق على الأملاح المستخرجة من تلك الينابيع اسم ملح " أبسن " وهو الملح الانجليزي المشهور . وهذا أول عهد الناس بمعرفة المغزيوم .

ولا يوجد هذا المعدن في الطبيعة بكرة ، بل يوجد غفلا على هيئة مركبات كيميائية أهمها :

المغزيات أو كربونات المغزيوم (ما ك ا) .

الدولوميت أو كربونات المغزيوم والكالسيوم .

الملح الانجليزي أو كبريتات المغزيوم (ما ك ب ا ٧ يد ا) .

الكيسيرات (ما ك ب ا ٤ يد ا) .

كذلك الكارنايت والكاينيت وهما كلوريد المغزيوم وسليكات المغزيوم وغير ذلك .

استخلاص المعدن — يستخلص المعدن بطريقة الترسيب الكهربائي اما من محلول كلوريد المغزيوم وإما من مخلوط من هذا المحلول مع كلوريد البوتاسيوم ، كذلك يستخلص بتسخين كلوريد المغزيوم مع الصوديوم . وكلا الطريقتين تستعمل بكثرة لاستخلاص المغزيوم التجارى .

والمغزيوم معدن ذو لون أبيض فضي لامع يشتعل في الهواء الجوى بلهب يخطف الأبصار يتأثر ببطء في الهواء الرطب ويتحول الى أكسيده . يحلل الماء المغلي ببطء ويشتعل اذا مر عليه بخار الماء . ينصهر على درجة ٨٠٠° مئوية ويغلي على ١١٢٠° مئوية . يتأثر باحماض الكلوردريك والكبريتيك والأزوتيك .

البلاتين — يوجد في الطبيعة كمعدن بكر مختلطا مع بعض المعادن البلاتينية وأهمها — ايريديوم — أوسميوم . بلاديوم . روديوم . روثينوم . ويوجد في قاع الأنهر الجارية أو الجافة مختلطا بالرمال والماجنتيت والذهب وبعض أملاح الكروم .

ويوجد في جبال الأورال بالروسيا ولفورنيا وسومطره والحبشة والبرازيل وأستراليا وجنوب أمريكا . ويبلغ ما يعدن منه نحو ٦,٥ طن سنويا .

لونه أقل بياضا من الفضة ضارب الى الرمادي ، أقل لمعانا من الفضة ، ومسحوقه أسود اللون ، أصلب من النحاس والفضة والذهب بل وأشد صلابة من البرنز الفسفوري ، قابل للطرق والسحب إن كان نقياً ، فإن اختلط بالمعادن الأخرى قلت تلك القابلية فيه حتى أنه يصبح صلبا هشا إن اختلط به ٣٠ ٪ من السليكون .

يبلغ ثقله النوعي ٢١,٥ تقريبا ، ينصهر على درجة ١٧٧٠° مئوية ، لا يتأثر بالهواء الجاف أو الرطب ، يمتص الأكسجين كالفضة ثم ينبذها ، والغريب أن رقائق البلاتين قد تمتص من الأكسجين حول ٨٠ مرة من حجمها في درجات الحرارة المعتدلة ، ومن الهيدروجين ٨٠ — ٢٠٠ مرة من حجمها في ظروف خاصة ، من ذلك إذا سخن لدرجة ١٨٠° مئوية فإنه يمتص من الأكسجين والهيدروجين كميات تتحد بعضها مع بعض وتحدث فرقة .

لا يتأثر بالأحماض الثلاث (الكلوردريك والكبريتيك والأزوتيك) يذوب في الماء الملكي مكونا كلوريد البلاتين (بلا كل) . تذوب سيائكه مع النحاس والزنك والرصاص في حامض النتريك مكونة ترات البلاتين .

طرائق استخلاصه — يعالج المعدن البكر بطريقة تشبه المستعملة في الذهب ، فتغسل الرمال المحتوية عليه وترسب ثم تضاف اليها كمية من الزئبق ليتملغم الذهب المختلط به وتتخلف حبوب البلاتين مختلطة مع بعض المعادن البلاتينية الأخرى . ويمكن فصلها بالتسخين مع الرصاص إلا أن الطريقة التجارية المستعملة هي الطريقة الرطبة .

الطريقة الرطبة — أوجدها ولاستون سنة ١٨٠٨ ، وتتلخص في تسخين البلاتين المتخلف بعد ملغمة الذهب في الماء الملكي لمدة من الزمن حتى تذوب معظم المعادن البلاتينية عدا الرمل ، ويبلغ مقدار الماء الملكي المستعمل من ١٢ — ١٥ مرة من حجم المخلفات ، ومتى تم إذابة تلك المعادن يسخن المحلول حتى يتخلص من حامضه الزائد عن حاجته بالتباخر ثم يخفف بالماء ويرشح ويعالج بمحلول كلوريد النشادر والبلاتين ، فيغسل ذلك الملح ، ثم يجفف ويسخن لدرجة الحرارة القائمة حتى يتخلص من كلوريد النشادر والكلور ويتبقى البلاتين على هيئة إسفنجية يكسر بعدها بدعكه على جسم صلب وينخل الى مسحوق ناعم . ثم يعالج ذلك المسحوق بالماء ليكون عجينة تضغط جيدا على شكل أقراص . ثم تسخن تلك الأقراص لدرجة الحرارة الحمراء وتطرق بالمطارق وتعالج مرارا بالتسخين والطرق والإمرار بالآلات الجلف حتى تتحول إلى جسم معدني .

ويحتوي البلاتين المستخلص بهذه الطريقة على نحو ٢٪ من معدن الايريديوم المرسب معه والذي يفصل عنه بعملية ثانية لتكرير البلاتين ، وخوفا من تخلف بعض البلاتين بعد عملية الترسيب في المحلول يعالج الأخير مرة أخرى بإضافة الحديد اليه ثم يغسل الراسب في حامض الكلورودريك ويذاب في الماء الملكي .

وقد تصهر العجينة الإسفنجية السابقة في أفران من الجير تحت تأثير هب الأوكسجين والايديروجين ، ويمكن أن يستبدل غاز الايديروجين بغاز الإستصباح وتعتبر تلك الطريقة مهمة في تكرير البلاتين وتنقيته إذ بها يتأكسد الحديد والنحاس وسرعان ما يمتصهما الجير ، كذلك يتطاير معدن الاوسميوم على شكل أوكسيد . وقد أمكن (لدفل وديرای) استخلاص البلاتين رأسا من معدنه البكر في أفران عاكسة صغيرة مبنية بالطوب ومبطنة بالطين الخزفي وتكون شحنتها من وزنين متساويين من الجالينا والبلاتين البكر .

سبائك البلاتين — تعمل سبائك متعددة من هذا المعدن وبعض المعادن الأخرى ، منها سبيكة البلاتين والنحاس (١٨,٧٥ بلاتين و ٨١,٢٥ نحاس وتشابه في اللون والصمتل ذهبا عياره ١٨ قيراطا وتستعمل حليا وفي العدادات الحسابية والكرونومترات .

سبيكة النيكل والبلاتين (وزنين متساويين) لونها أصفر ضارب للبياض لدنة .

سبيكة البلاتين والحديد (من ٢ إلى ٣ ٪ بلاتين) لونها فضي لامع تستخدم بكثرة في عمل السكاكين إن استعمل فيها الصلب بدلا من الحديد وهي إحدى أنواع الصلب الذي لا يصدأ .

كذلك يمكن عمل سبائك أخرى من البلاتين بمخلطه مع الزنك أو الرصاص أو القصدير أو البزموت أو الزرنيخ .

الفصل الثانى والعشرون

السبائك

كثير من المعادن المهمة تستخدم فى الأغراض الصناعية على هيئة سبائك معدنية، لذلك نورد هنا بياناً موجزاً عن معنى السبائك المعدنية وخصائصها العامة، وكذلك طرائق تركيبها ومزاياها. أما السبائك نفسها ونسب تركيبها والأسماء التى تطلق عليها فى الصناعة والتجارة فقد أدمجناها فى الفصول الخاصة بالمعادن نفسها وذكرنا فى نهاية كل معدن السبائك التى تصنع منه.

ويطلق لفظ السبيكة المعدنية عادة على كل خليط معدنى مركب من عنصرين أو أكثر. وتُخلط المعادن بعضها ببعض لتعديل خصائصها الطبيعية أو الكيميائية وجعلها صالحة للإستخدام فى أغراض معينة. وتعديل خصائص المعدن يكون عادة للأغراض الآتية :

- (١) زيادة صلابتها (أى تشويقها) .
- (٢) زيادة قوة تماسكها وإستطالتها ومرونتها ومقاومتها للثنى والالتواء.
- (٣) زيادة قابليتها للإنصهار أى جعلها تنصهر على درجة حرارة منخفضة.
- (٤) تعديل لونها أو بنائها الداخلى .
- (٥) زيادة مقاومتها للتلف أو التأكل بفعل العوامل الجوية أو السوائل أو غير ذلك .
- (٦) إحداث صوت رنان فيها .

(٧) عمل مسبوكات سليمة متجانسة منها يسهل تشكيلها على الآلات .

فتراد صلابة الذهب عند سكه قودا أو عند إستخدامه في أغراض أخرى بإضافة النحاس والفضة إليه ، وأحيانا بإضافة الزنك ، وبعض المعادن الأخرى ، كذلك تزداد صلابة الفضة بإضافة النحاس إليها أو بعض المعادن الأخرى .

وتزداد صلابة النحاس بإضافة الزنك اليه وتصير مسبوكاته عندئذ أكثر تجانسا وسلامة وأقل عيوباً .

وتزداد قوة تماسك النحاس بإضافة القصدير اليه وذلك عند صبه على شكل مسبوكات ، كذلك تزداد مرونته وقوة تماسكه واستطالته بإضافة النيكل اليه لكن ان كبرت كمية القصدير المضافة الى النحاس فان السبيكة الناتجة تكون هشة ، لذلك يجب أن يضاف القصدير بكميات معتدلة في سبائك النحاس المعرضة للطرق أو التي تشكل بالطريق .

أما زيادة قابلية المعدن للانصهار فهذه تكاد تكون خاصية مشتركة في جميع السبائك ، إذ أن درجة حرارة انصهار السبائك تقل في الغالب عن درجة الانصهار المتوسطة للمعادن الداخلة في تركيبها ، وكثيرا ما تكون أقل من درجة انصهار أكثر مركباتها قابلية للانصهار . مثال ذلك السبيكة المركبة من جزئين من البوتاسيوم وجزء من الصوديوم تنصهر على درجة الحرارة العادية (أى حرارة الجو) وتبقى سائلة في هذه الدرجة ورجاحة كالزئبق حالة ان درجات انصهار مركباتها هي $99,6^{\circ}$ مئوية للصوديوم و $62,5^{\circ}$ مئوية للبوتاسيوم . كذلك السبيكة المكونة من جزء من الرصاص وجزء من القصدير وجزئين من الزموت تنصهر في الماء المغلي بينما درجات انصهار مركباتها هي 230° مئوية للرصاص و 265° مئوية للزموت .

أما من حيث تعديل اللون فأهم مثال تقدمه لذلك إضافة الزنك الى النحاس، فانه يحول لونه من الاحمرار الى الاصفرار بدرجات متفاوتة تختلف باختلاف كمية الزنك المضافة . كذلك إضافة الزنك والألومنيوم الى النحاس يحوله الى سبائك تشبه في لونها الذهب ، ولذلك يطلق عليها ” اسم الذهب المزيف “ أو ” الذهب التقليدي “ . وإضافة النيكل والزنك الى النحاس يحوله الى سبائك تعرف باسم ” سبائك الفضة النيكلية “ لمشابهة لونها للفضة . والجدول الآتي يبين بعض المعادن حسب درجة تأثيرها في لون السبائك التي تدخل في تركيبها بحيث أن السابق منها في الجدول يكون أثره في تكوين اللون أكثر مما يليه :

(١) القصدير .	(٧) الزنك .
(٢) النيكل .	(٨) الرصاص .
(٣) الألومنيوم .	(٩) البلاتين .
(٤) المانجنيز .	(١٠) الفضة .
(٥) الحديد .	(١١) الذهب .
(٦) النحاس .	

فالسبيكة المركبة من جزء واحد من القصدير وجزئين من النحاس لونها أبيض بينما يستلزم الحال إضافة جزئين من الزنك الى جزء واحد من النحاس لتحويل لونه الى البياض .

أما زيادة المقاومة والتآكل فتجدها في سبائك النحاس مع الفوسفور أو مع السليكون إذ فضلا عن المزايا العدة التي يكسبها هذان العنصران لسبائك النحاس التي يدخلان في تركيبها فانهما يجعلان هذه السبائك شديدة المقاومة للتلف والتآكل ، وذلك لأن كلا من هذين العنصرين عامل مختزل للأوكسجين فيق

السبائك النحاسية التي يدخل في تركيبها من فعل الأوكسجين المتلف . وقد لوحظ عند تحليل بعض السبائك النحاسية المحتوية أصلا على الفوسفور أن هذا العنصر قد تلاشى منها أو كاد . كذلك يكتسب الصلب خاصية المقاومة للتآكل بفعل الأوكسجين اذا أضيفت إليه كميات من النحاس والنيكل والكروم أو كمية من البلاتين وحده فيحافظ على بريقه المعدني كما يتنا ذلك تفصيلا في فصل الأنواع المستحدثة من الصلب .

أما إحداث الصوت الرنان في المعادن فظاهر من إضافة القصدير الى النحاس في صنع الأجراس المختلفة المألوفة لنا .

أما الحصول على مسبوكات سليمة متجانسة بواسطة السبائك فقد يكون ذلك بسبب أن أحد المركبات عامل مختزل للأوكسجين كما هو الحال في عمل مسبوكات الصلب إذ يضاف الى الصلب المنصهر قليل من الألومنيوم عند صبه للسبك فيق المسبوكات من التأكسد وهي ساخنة وبذلك تخرج المسبوكات خالية من العيوب . كذلك إضافة الزنك الى النحاس يجعل مسبوكاته أكثر تجانسا وسلامة وأقل عيوباً كما ذكرنا في أوائل هذا الفصل .

ويحصل عادة على السبائك المعدنية بإحدى طريقتين :

(١) تمزج العناصر بعضها ببعض وهي باردة ثم تصهر معا وذلك إن كانت درجات انصهارها متقاربة مثل سبيكة اللحام المكونة من القصدير والرصاص .

(٣) يصهر كل عنصر على حدة ثم تمزج العناصر بعضها ببعض وهي منصهرة إن كانت درجات انصهارها متباعدة كما هو الحال في سبائك النحاس والقصدير إذ يحسن صنعها بهذه الطريقة ولو ان هذا غير متبع في المصانع والورش المصرية .

الفصل الثالث والعشرون

اللحام

اللحام — معناه وصل قطعتين من معدن واحد أو من معدنين مختلفين بحيث تلتحم إحداهما بالأخرى وتكونان كتلة واحدة متماسكة . ويمكن بالتقريب تقسيم المعادن بالنسبة إلى قابليتها للحام إلى قسمين :

(الأول) معادن تتحول إلى عجينة قبل انصهارها ، (الثاني) معادن تنصهر دون أن تتحول إلى عجينة . وعلى هذا الاعتبار اختلفت طرائق اللحام تبعا لنوع المعدن إن كان من القسم الأول أم من القسم الثاني .

فالمعادن التي من القسم الأول يمكن لحامها بسهولة إذا سخنت إلى درجة حرارة اللحام المناسبة لها (وهي قريبة من درجة الانصهار) وعندها تصير هذه المعادن على شكل عجينة ثم تسلط عليها طرقا مناسبة لحجم القطعتين المطلوب لحامهما فتلتحمان . ويراعى أن يكون التسخين والطرق مقصورين على الأجزاء التي سيحصل فيها اللحام من القطعتين وهي الأطراف غالبا . والمعادن التي يمكن لحامها بهذه الطريقة تنعت بالمعادن ذات اللحام الذاتي كالحديد وبعض أنواع الصلب الطرى . والتسخين إلى درجة حرارة اللحام يعرف عند الحدادين في مصر بالغليّة . والحديد عند تسخينه إلى هذه الدرجة يصير لونه أبيضاً ناصعاً وإذا عرض عندئذ للهواء يصدر عنه صوت أشبه بالأزيز ويخرج منه شرر قليل لامع . وإذا سخن إلى درجة أعلى من هذه فإنه يتأكسد ويخرج منه شرر متوهج . أما الصلب الطرى فإن لونه يصبح رمادياً ضارباً للبياض عند درجة اللحام .

أما المعادن التي تتحول من التجمد إلى السيولة كالزهر وكذلك المعادن التي تتفتت قبل انصهارها كصلب العدد القاطعة وصلب الهواء فإنه من الصعب لحامها بالطريقة السابقة ولهذا الأسباب تستخدم طرائق أخرى سنبينها فيما بعد .

ولما كان للحديد وأنواع الصلب الطرى القابلة للحام أهميتها في عالم الصناعة فسنبدأ بشرح الطرق المستخدمة عند الحدادين في لحام هذه الأنواع :

طريقة اللحام على الكير — هذه الطريقة بسيطة جدا لكن يلزم العناية الشديدة بأدائها . فالنار يلزم أن تكون نقية (أى خالية من الدخان والحبث على قدر الإمكان) كذلك يلزم أن يكون عمقها كاف لأن تدفن فيها القطعتان المطلوب لحامهما ، لأنها إن لم تكن كذلك فإن القطعتين لا يمكن تسخينهما تسخيناً كافياً وتكونان معرضتين لتكون قشرة من الأوكسيد عليهما فلا يمكن لحامهما قط مهما طرق عليهما . كذلك ان زادت حرارة النار عن اللازم فإن القطعتين تحترقان وتصيران عديمى الفائدة لأن القطع المحترقة لا يمكن لحامها . ويلزم أن يكون كل شئ على قدم الاستعداد خلال عملية اللحام ، فالسندان يلزم أن يكون نظيفا ولا يعترض الوصول اليه أى عائق . كذلك يلزم أن توضع الجواكيش والمرزبات في موضع ملائم وأن تمسك المشغولات باحكام . ويلزم أن يسخن المعدن ببطء في بادئ الأمر حتى تصير درجة حرارته منتظمة في كل الجزء المسخن ثم يزداد تيار الهواء الوارد اليه حتى ترتفع حرارته إلى درجة اللحام ، بعد ذلك يرفع المعدن من النار ويزال منه الأوكسيد بمعالجته بمساعد صهر ثم يعاد إلى النار حتى إذا ما وصل إلى درجة اللحام فإن العمل يلزم أن يؤدي بسرعة فيقفل الهواء ويرفع المعدن من

النار ويضرب على حرف الكبر أو ربان السندال لإزالة ما يكون قد علق به من القاذورات ثم يوضع على السندال ويطرق عليه بسرعة حتى تلتحم الأجزاء المطلوب لحامها ثم انه بعد الطريقة الأولى التي تحدث اللحام يلزم طرق الأجزاء الرفيعة حتى يكتمل اللحام لأن الأجزاء الرفيعة تفقد حرارتها بسرعة أكثر من الأجزاء السميكة . وإذا لم تلتحم القطعتان بعد الطريقتين الأولى والثانية فانه يلزم الكف عن الطرق لأن زيادة الطرق تغير شكل القطع الملحومة . والقطعتان إن كانتا في درجة حرارة مناسبة وخاليتين من الأقدار والقشرة فانهما تلتحمان بمجرد ملامسة إحداها للآخرى . ويلزم الحذر من تكون تجايف أو جيوب في قطع المعدن المطلوب لحامها لأن هذه الجيوب تخزن الهواء فتمنع اللحام .

ولقد جرت العادة أن تكبس القطع المطلوب لحامها في مواضع اللحام حتى يكون هناك سمك كاف للسحب الذي لا بد منه أثناء عملية اللحام وللطرق الذي يعقب ذلك . والغرض من الطرق الذي يعقب اللحام الوصول الى انتظام ألياف القطع الملحومة والتخلص من التبلور الذي يحدث في المعدن من جراء تسخينه الى درجة عالية وهذا لا يتم إلا بطرق المعدن عند وصلة اللحام حينما يبرد الى درجة الاحمرار القائمة . ويترتب على العناية بعملية الطرق هذه أن تصير قوة الوصلة كقوة المعدن الأصلي .

طريقة اللحام بالوقود السائل — من أحدث الطرق المستخدمة في اللحام طريقة الفرن الذي وقوده الزيت فالنار المتولدة في هذا الفرن أحسن كثيرا من نار الفحم المتولدة في الأكوار . ومزايا هذه الطريقة هي :

(١) انتظام الحرارة في فرن الزيت أكثر مما لو استعمل أى وقود آخر .

(٢) إمكان تنظيم الحرارة للدرجة الملائمة للمعدن المطلوب لحامه .

(٣) الوفرة في التكاليف حيث يمكن استعمال أرخص أنواع الزيوت

وفي هذه الطريقة يرد الزيت إلى الفرن تحت تأثير هواء مضغوط فيمر برشاش يقذفه داخل الفرن على شكل رشاش فيتحد مع الهواء الموجود في الفرن ويلتهب في الحال . ويعمل الفرن من غرفتين إحداهما لإحراق الوقود والثانية يوضع فيها المعدن المطلوب لحامه . وهذا الترتيب يمنع اللهب من ملامسة المشغولات فيقل ميلها للتأكسد، وعلى ذلك يستغنى عن مساعد الصهر فيها . وهذه الطريقة سهلة وسريعة ، وقد وجد في حالة من الحالات أنها أسرع أربع مرات من الكير العادي .

مساعداً الصهر — كلما كانت درجة الحرارة التي يسخن إليها الحديد أو الصلب أعلى سهل اتحادهما بالأوكسجين وتكون القشرة فيهما . والقشرة تمنع اللحام سواء أ تكونت أثناء وجود قطع المعدن في النار أم بعد سحبها ووضعها بعضها فوق بعض للحام . وعند درجة اللحام تتكون القشرة بسهولة ، لذلك يحسن استعمال مساعد صهر يمنع تكونها أو ليذيبها فإذا كانت قطعنا المعدن المطلوب لحامهما مختلفتي التركيب فانه يلزم استعمال مساعد صهر يمنع القطعة التي تصل أولاً إلى درجة اللحام من التأكسد وتكون قشرة فيها . ومساعد الصهر يذوب ويغطي الأجزاء التي ستلتحم فيمنع تكون القشرة فيها كما أنه يذيب القشرة التي تكون قد تكونت من قبل فإذا وضعت القطعتان إحداهما فوق الأخرى وطرقنا فان مساعد الصهر ينضغط من بينهما وتلتحمان .

ومساعداً الصهر الشائعة الاستعمال في اللحام هي :

الرمال . البورا كس (ويعرف عند الصناع باسم التنكار) . البوتاس .

الصودا . خليط من البورا كس ومادة أخرى كملح النشادر مثلاً .

الرمال الممزوج بالنشادر والطفل الأحمر المجفف .

وأحسن أنواع مساعدات الصهر هو البورا كس المزوج بالنشادر بصرف النظر عن غلو ثمنه . ولا يستعمل إلا في لحام أنواع الصلب القيمة والتي لا يمكن تسخينها لدرجة حرارة مرتفعة . وأغلب مساعدات الصهر التي تباع كبركبات خصوصية لا بد أن تحتوى على البورا كس . والرمل مساعد صهر جيد للحديد لكنه قليل الفائدة في لحام الصلب ، وهو يتحد مع أوكسيد الحديد فيكون سليكات قابلة للصهر . وباستعمال مساعد الصهر تذوب القشرة على درجة حرارة منخفضة . أما إذا لم يستعمل مساعد صهر فإن القشرة لا تذوب إلا على درجة حرارة أعلى من الأولى . وهذه الدرجة يمكن الوصول إليها بسهولة في لحام بعض أنواع الحديد ، وعلى ذلك يمكن أحيانا الإستغناء عن مساعد الصهر ، لكن في لحام صلب الأقلام وصلب الآلات فإن درجة الحرارة التي تذيب القشرة تكون مرتفعة جدا لدرجة أنها تحرق الصلب لذلك كان من المحتم استعمال مساعد صهر في لحام هذه الأنواع من الصلب .

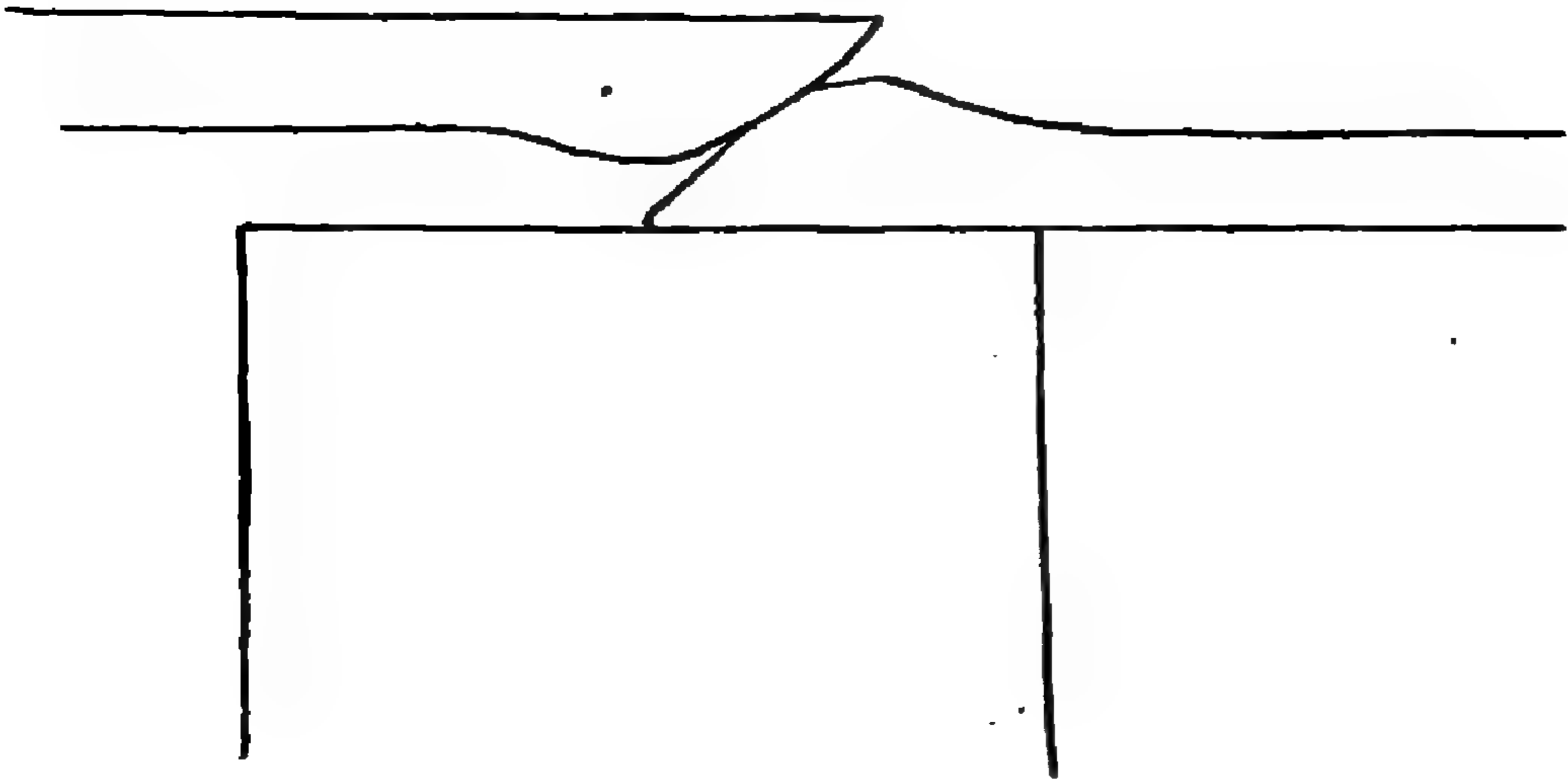
والبورا كس يحتوى عادة على الماء فيلزم أولا طرد الماء منه ثم سحقه فيصير مساعد صهر جيدا جدا .

أنواع اللحام

يقوم الحداد عادة باختيار نوع اللحام المناسب لشكل وحجم القطع المطلوب لحامها ، وأهم أنواع اللحام ينحصر فيما يأتى :

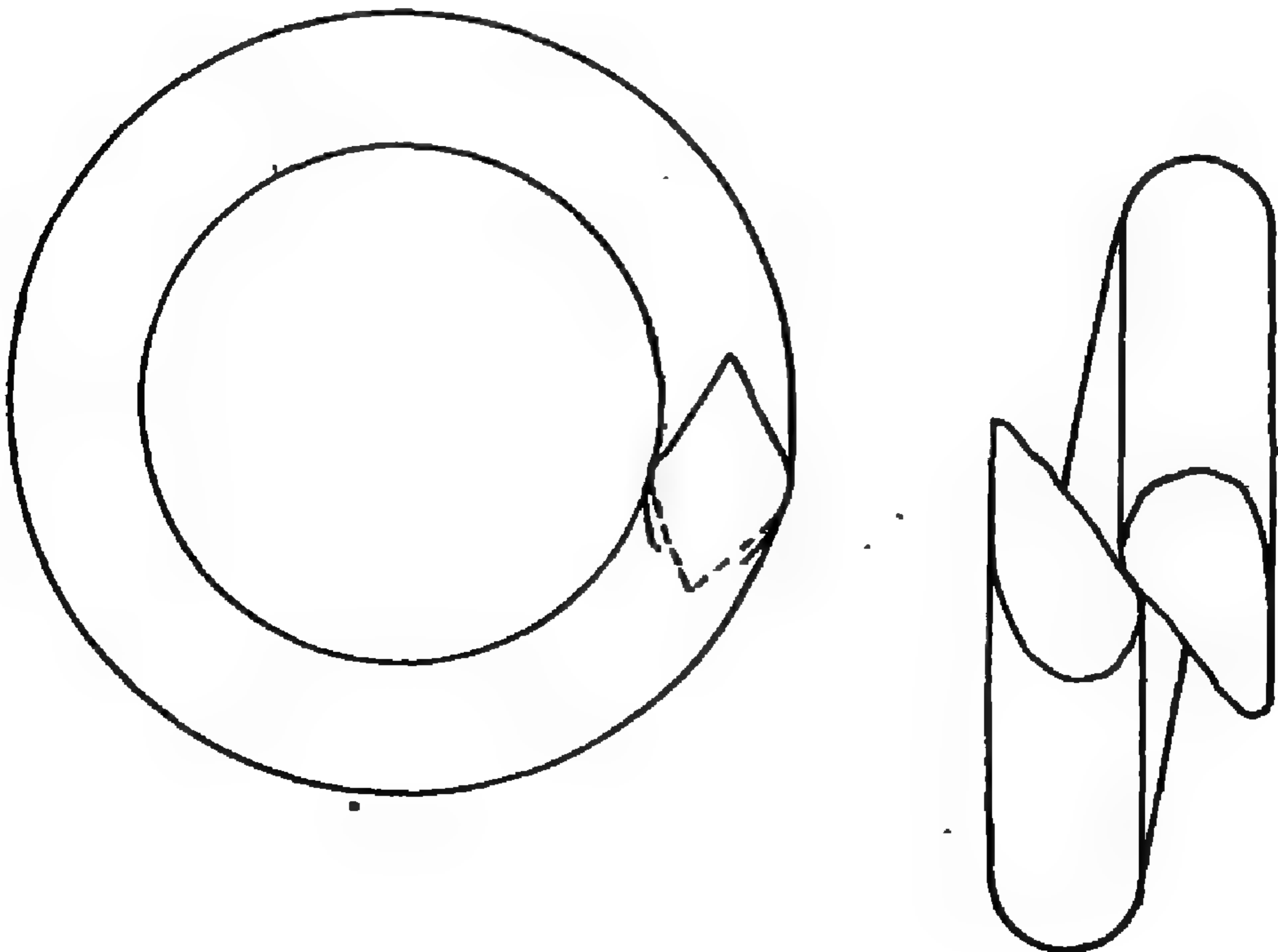
لحام نصف على نصف — ويستعمل في القطع الصغيرة والمتوسطة الحجم ، وذلك بأن تكبس نهايتا القطعتين المطلوب لحامهما ثم يسلب طرفاهما

شكل مناسب كما هو مبين في شكل (٨٦) ويستعمل هذا النوع أيضا في لحام

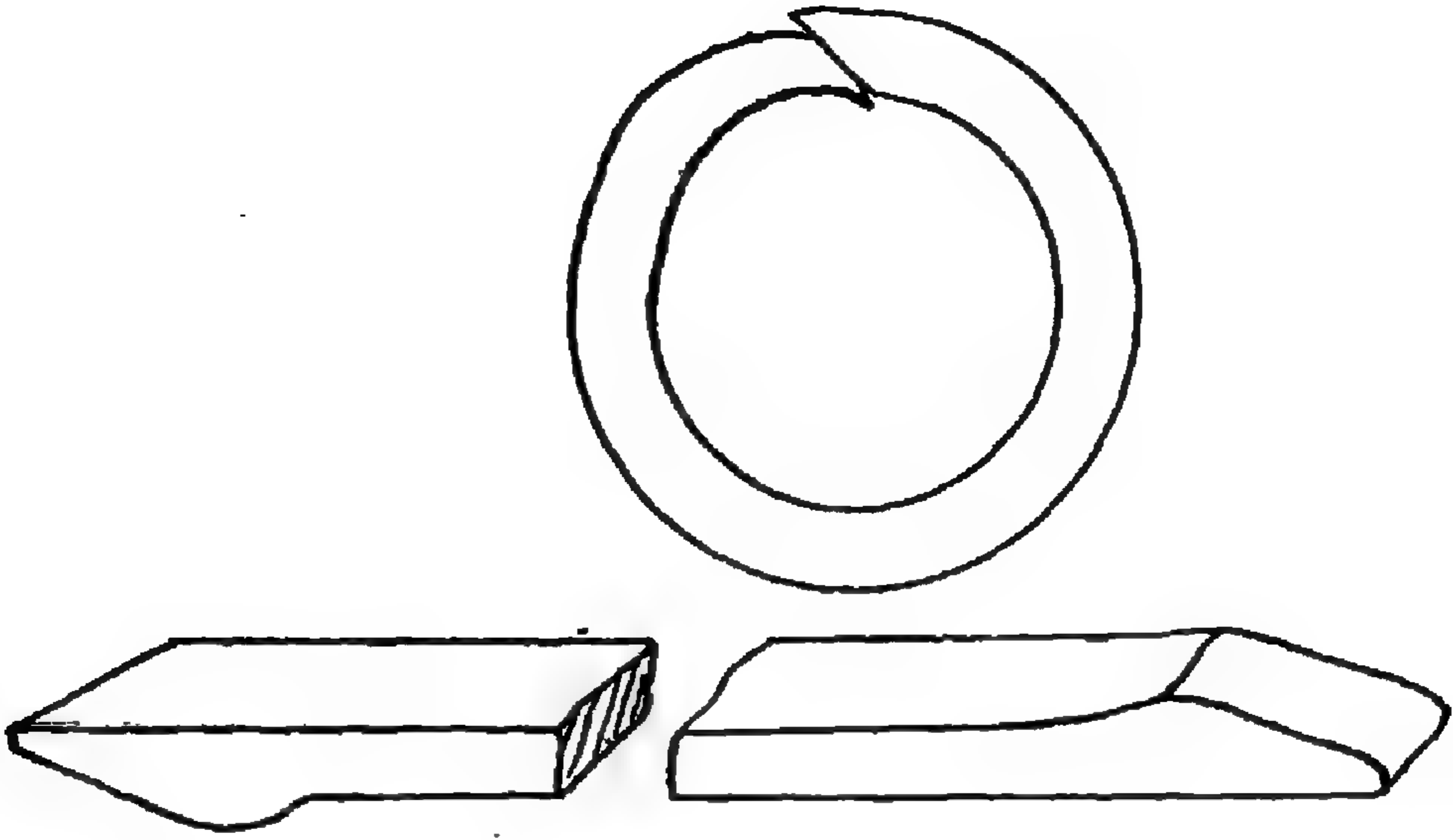


(شكل ٨٦ — لحام نصف على نصف)

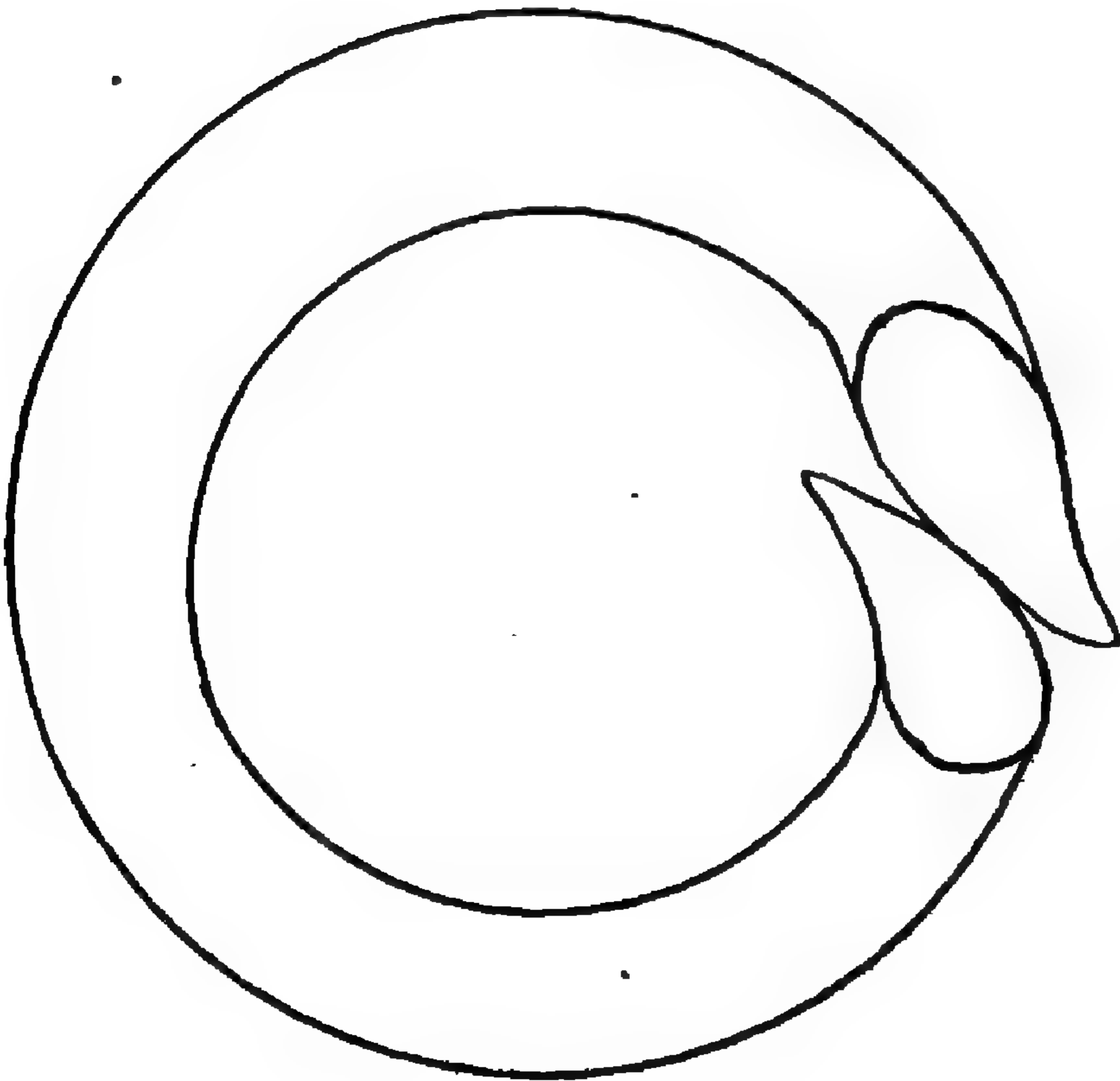
حلقات السلاسل وغيرها كما هو مبين في أشكال (٨٧ "أ" ٨٧٦ "ب" ٨٨٦)



(شكل ٨٧ "أ")

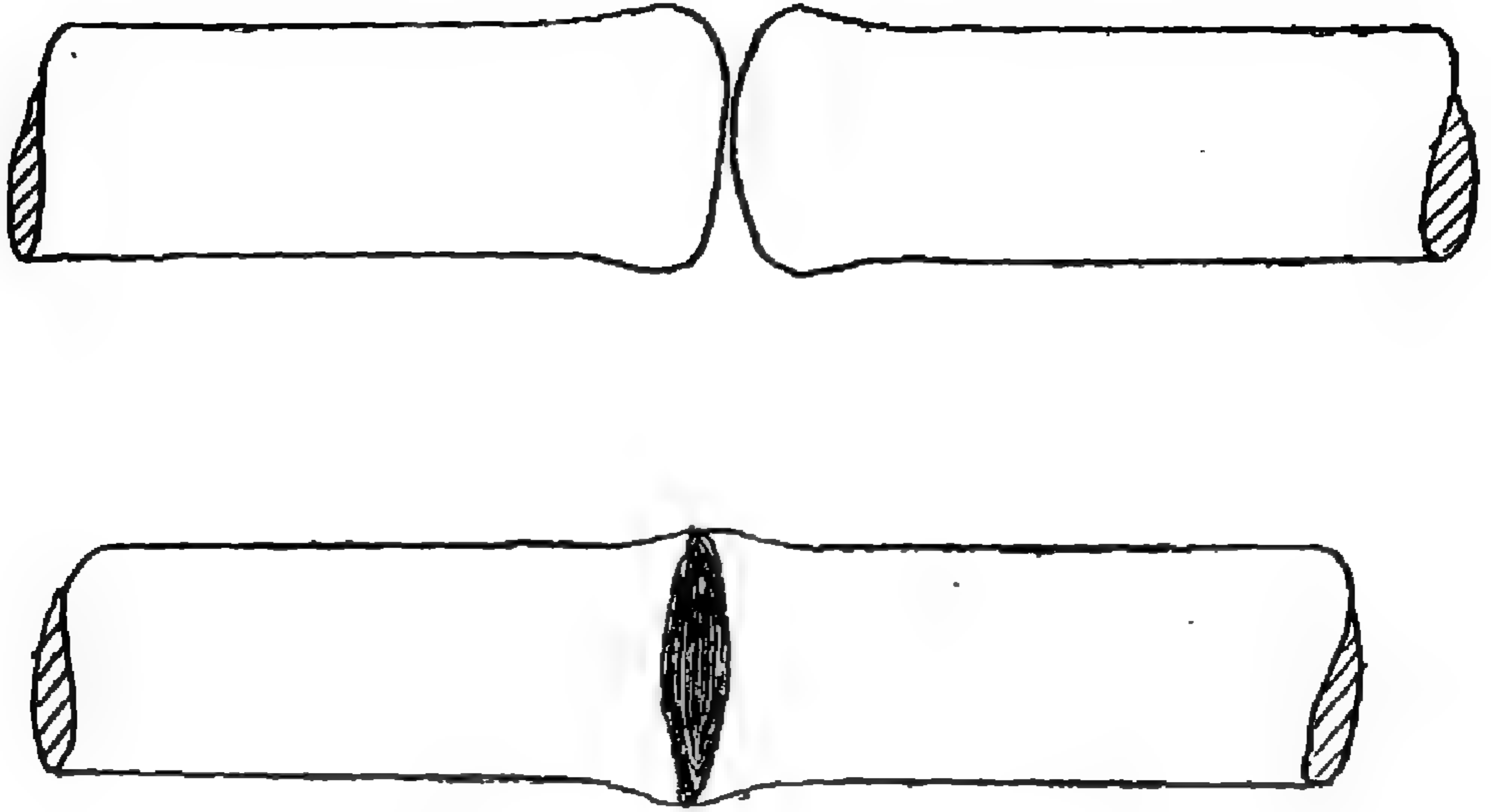


(شكل ٨٧ "ب" — لحام حلقة سلسلة)



(شكل ٨٨ — لحام حلقة سلسلة)

لحام القورة في القورة — ويستخدم في لحام أعمدة المحاور وما شاكلها فيحى طرفا القطعتين المطلوب لحامهما ويكبسان قليلا وتكور كل من القورتين تقريبا عند سطح اللحام كما في شكل (٨٩) .



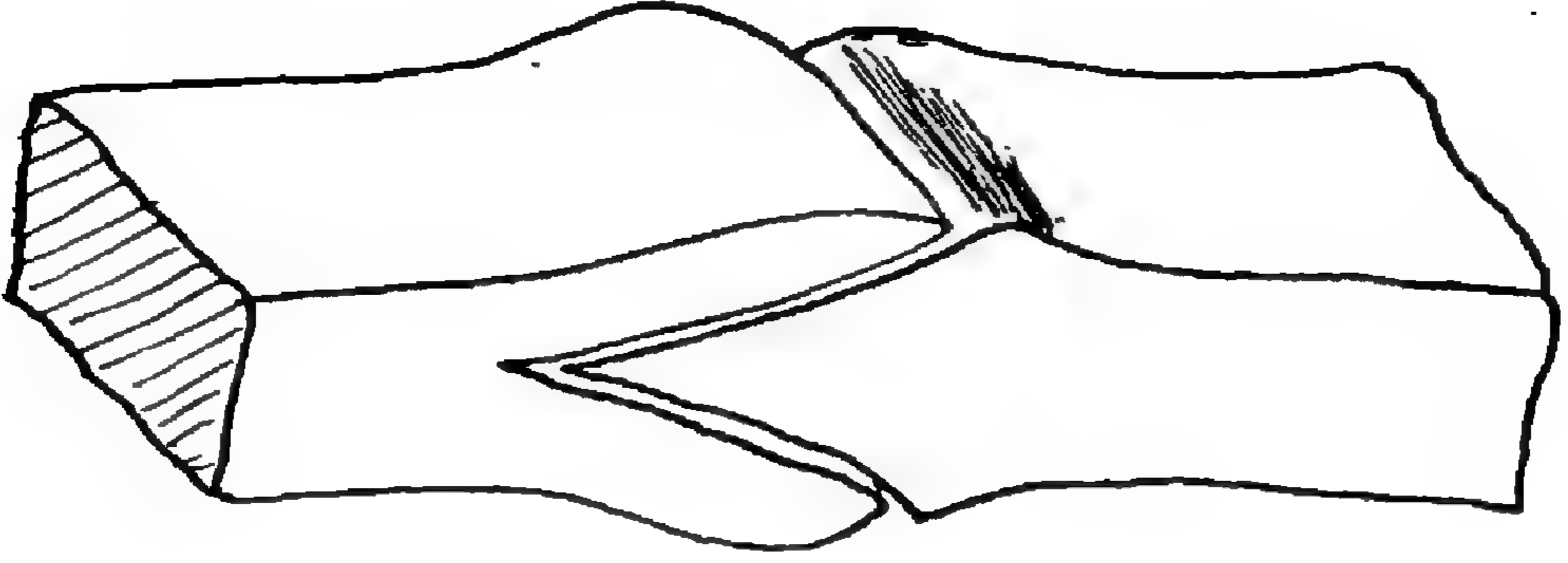
(شكل ٨٩ — لحام القورة في القورة)

ثم ترفع حرارتهما لدرجة اللحام وتضغط إحداهما على الأخرى بعد التنظيف . وبالطرق المناسب مع اللف تلتحم القورتان . وبعض الحدادين يميل إلى تخشين سطح القورتين وذلك بعمل خطوط متقاطعة بواسطة المقطع تسهلا لعملية اللحام .

اللحام المشقوق — يستخدم بكثرة في لحام الأسياخ ، ويتعلق شكل القطعتين عند موضع اللحام على حجمهما . فللحام سيخ مربع من الحديد بآخر مثله ، يكبس طرف الأول ويشق ثم يكبس طرف الثانى ويسلب كما هو مبين في شكل (٩٠) ثم يجرى عملية اللحام بالكيفية السابقة .

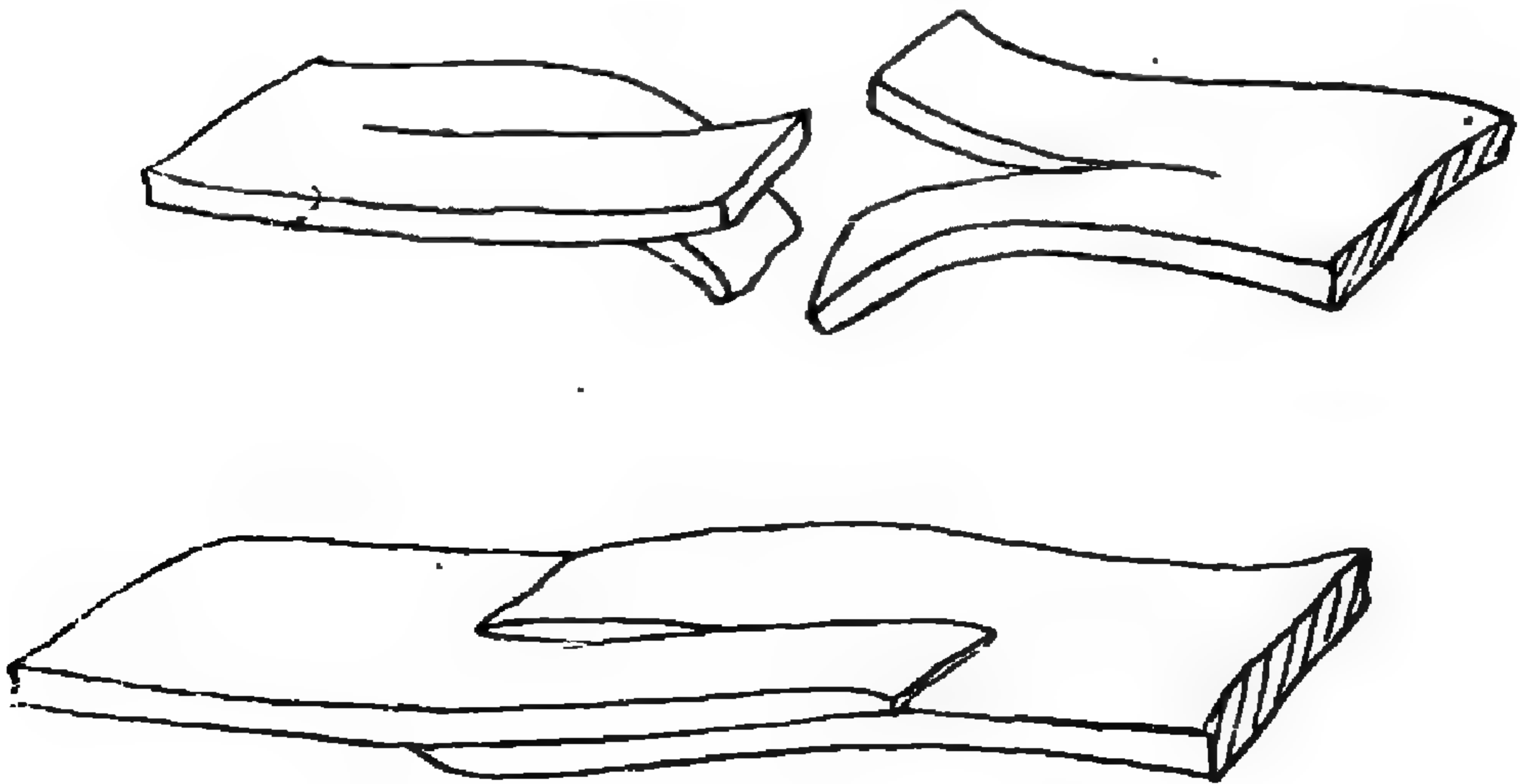
اللحام المشقوق نصف على نصف — يستخدم في لحام الخوص العريضة قليلة السمك لأن أمثال هذه بالرغم من ارتفاع حرارتها إلى درجة اللحام وهى

في النار إلا أنها تبرد بسرعة عند إخراجها منها حتى إذا ما وضعت فوق السندال تكون قد بردت لدرجة تصعب معها عملية اللحام . وهذه الصعوبة يمكن التغلب عليها بشق كل من القطعتين نحو بوصة من طولها فيتكون لها



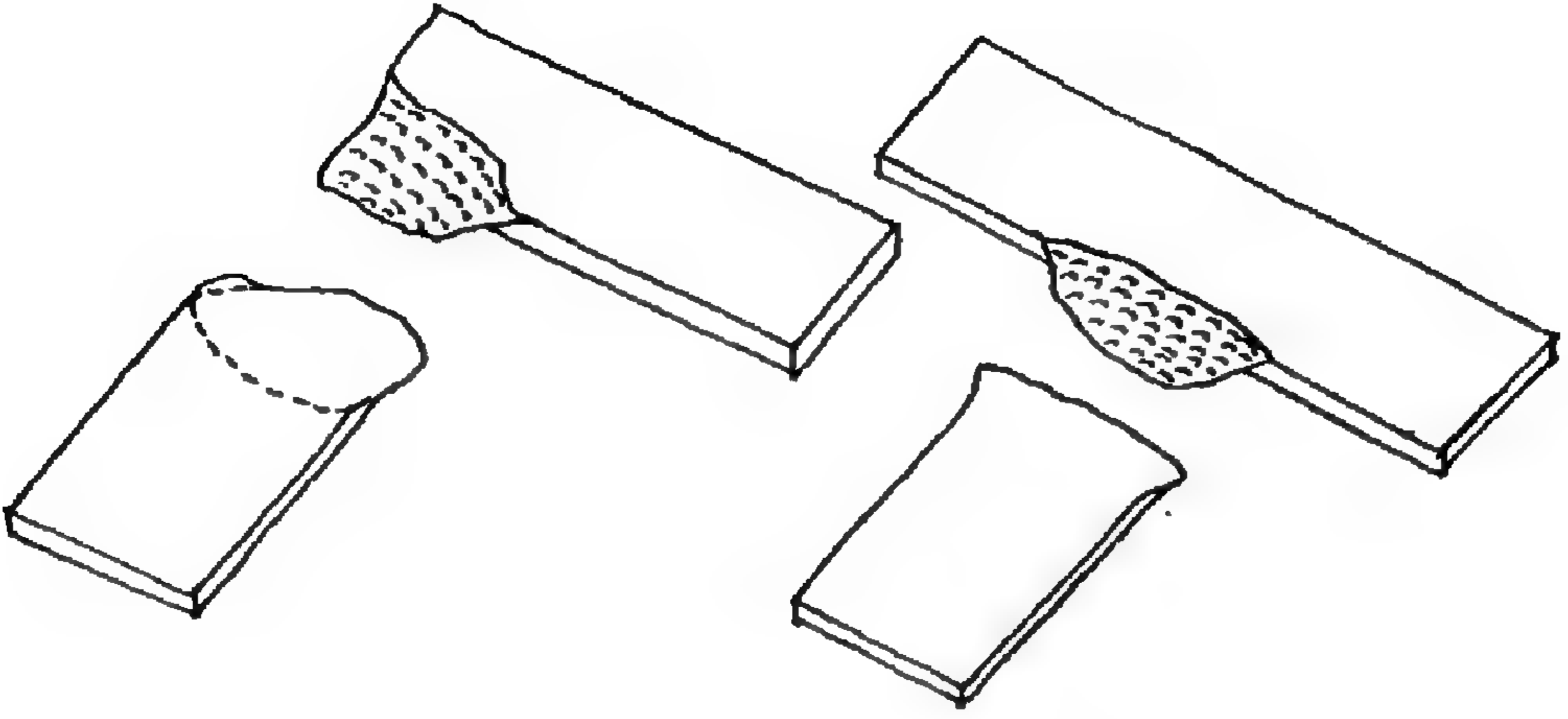
(شكل ٩٠ — اللحام المشقوق)

شفتان تثني إحداهما إلى أعلى والأخرى إلى أسفل ثم تدبب الشفتان لكل من القطعتين وتعشقان إحداهما في الأخرى وتسخنان كما لو كانت قطعة واحدة إلى درجة اللحام ثم توضعان على السندال وتلحجان وشكل (٩١) يبين لحاما من هذا النوع وهو يستعمل بكثرة في لحام صلب البيايات ويتم استخدام مساعد صهريه حتى لا تحترق الأطراف .

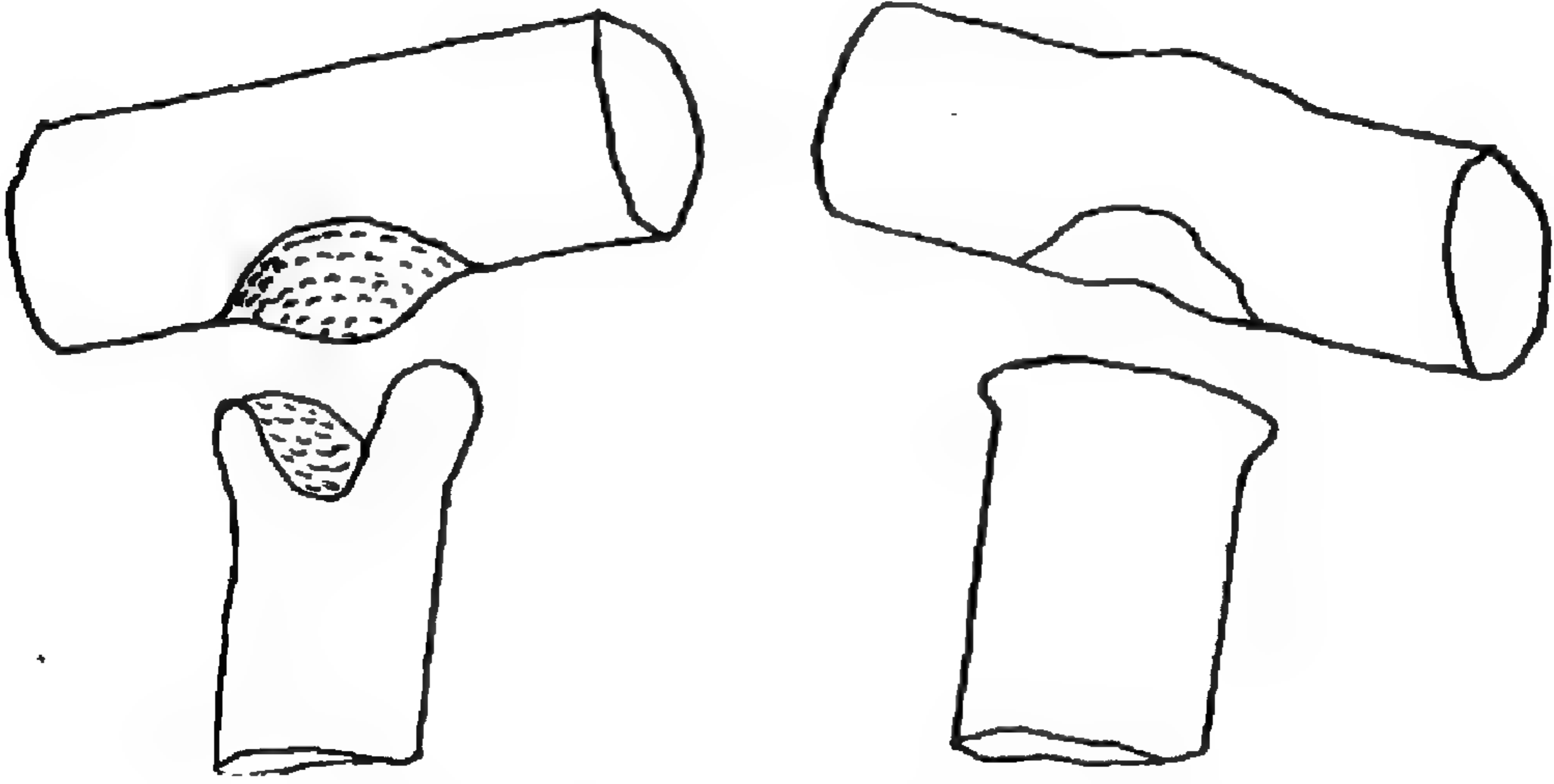


(شكل ٩١ — اللحام المشقوق نصف على نصف)

لحام زاوية — الشكلان (٩٢ و ٩٣) يبين كل منهما لحاماً من هذا النوع . كذلك الشكل (٩٤) تبين لحام زاوية تستخدم في الأسياخ المستديرة .



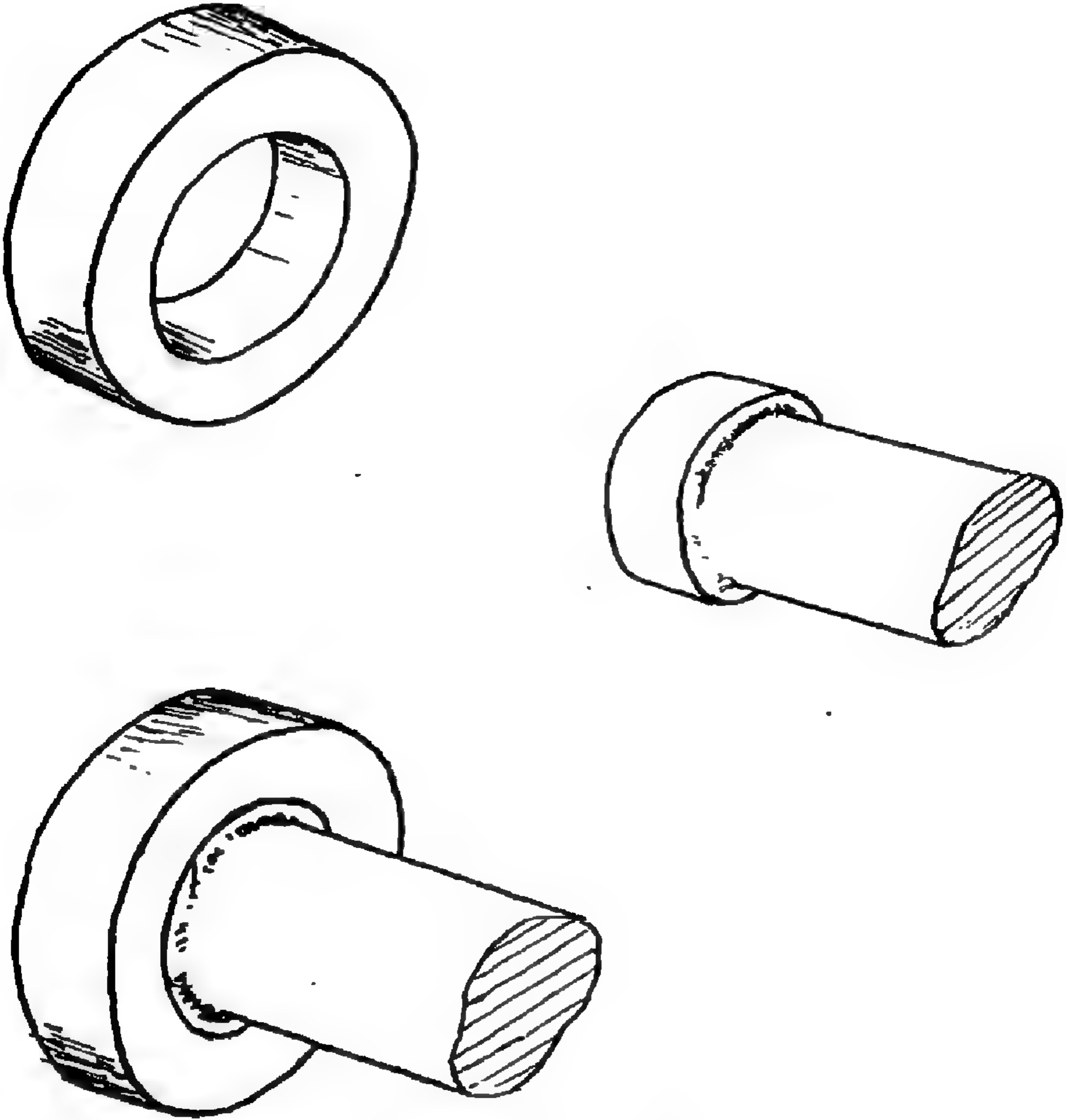
(شكل ٩٢ و ٩٣ — لحام زاوية)



(شكل ٩٤ — لحام زاوية للأسياخ المستديرة)

لحام الخابور — يستخدم في اللحام على زاوية لقطعتين إحداهما سميكة والأخرى أقل سمكا فيعمل ثقب مسلوب في القطعة السميكة ويسلب طرف القطعة الأخرى ثم تجرى عملية اللحام بعد إدخال الطرف المسلوب في الثقب المعد لها .

لحام لفافة — ويستخدم في عمل رؤوس المسامير، وذلك بعمل حلقة من الحديد ثم لحامها على طرف سيخ من المعدن كما في شكل (٩٥).



(شكل ٩٥ — لحام لفافة)

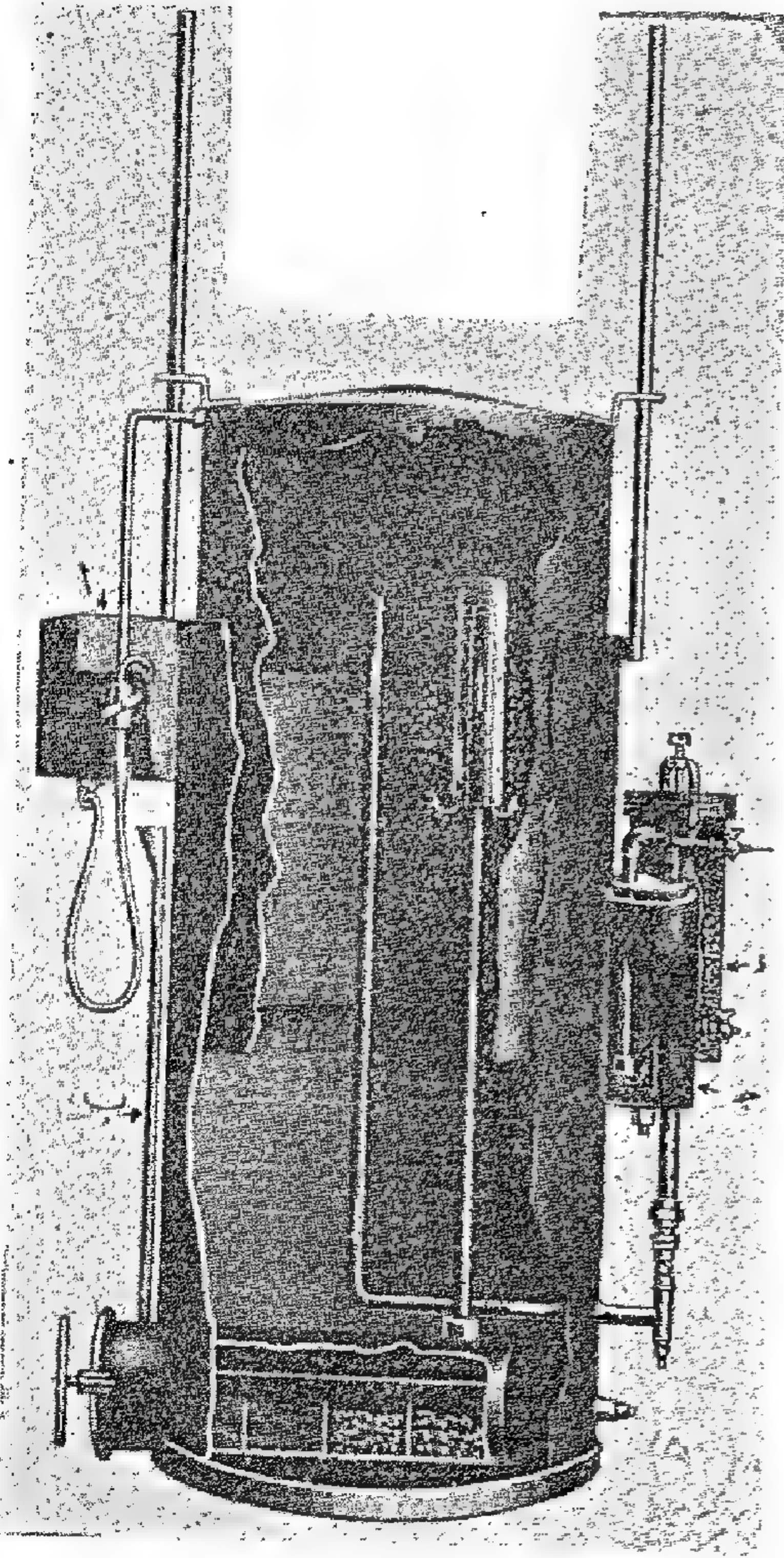
والخلاصة أن هناك أنواعا عدة من اللحام يمكن بالمران الكافي أن يقوم بها الحداد بما يتفق وحجم القطع المطلوب لحامها وشكلها.

أما المعادن التي من القسم الثاني وهي التي تتحول عند صهرها الى سوائل أو التي تتفتت قبل انصهارها فان أسهل طريقة في لحامها هي أن تصهر قطعنا المعدن المطلوب لحامها عند نقطتي اللحام ويستعاض عما تفقدانه في عملية الصهر بمعدن من نفس التركيب. وأول ما استخدمت هذه الطريقة

كان في لحام مسبوكات الزهر الكبيرة التي كسر منها بعض أجزائها الصغيرة وذلك بدفن المسبوك في الرمل وتركيب الجزء المكسور في الموضع الذي انفصل منه وتسخينه وإمرار تيار من الزهر المنصهر عالية فيصهر ذلك الزهر المنصهر الجزء المكسور فيلتحم . ويراعى في هذه الطريقة أن تكون سرعة مرور الزهر المنصهر عند بدء العملية كبيرة ثم تقل تدريجياً متى تم انصهار الجزء المكسور . وجرت العادة في هذه الطريقة أن يؤخذ الزهر مباشرة من الدست ويسكب في مجرى يوصله الى الجزء المكسور ومن ثم يحمله مجرى آخر الى حفرة مجاورة . وبديهي أنه يجب وضع المسبوك بقرب الدست حتى لا يبرد الزهر ويتجمد، كذلك يجب الإسراع في إمرار الزهر حتى لا يبرد في طريقه الى المسبوك لكن وجد أن هذه الطريقة فيها إسراف كبير في الوقود والزهر فضلاً عن أنها ليست مضمونة العاقبة، لذلك استعوض عنها بطريقة الأوكسى أستلين وطريقة الكهرباء الموضحتين بعد :

طريقة الأوكسى أستلين — وفيها يؤتى بقطعتي المعدن المطلوب لحامهما ويستحان لدرجة الانصهار عند نقطتي اللحام فقط وذلك بتعريضهما للهب شديد أستعمل في توليده غاز الأستلين وهو إحدى المركبات الأيدروكربونية وذلك لسهولة تحضيره ورخص ثمنه. ولما كانت كمية الأوكسجين الموجودة في الهواء لا تكفى لاحتاد لهب شديد الحرارة كذلك لما كان استخدام الهواء لإشعال غاز الأستلين فيه إسراف شديد في الأستلين نفسه نظراً لفقد جزء كبير من الحرارة المتولدة في تسخين كل الهواء اللازم مع أن الجزء الفعال منه في عملية الإشعال هو الأوكسجين فقط لذلك أستعمل الأوكسجين المضغوط بدلاً من الهواء في إشعال غاز الأستلين . ويمكن بسهولة في هذه الطريقة تنظيم كميتي الأوكسجين والأستلين بالدرجة المطلوبة . ويحضر غاز الأستلين في أجهزة خاصة تسمى محضرات الأستلين ، ويستخدم في تحضير هذا الغاز

كربيد الكالسيوم وذلك بتندية الأخير بالماء، فيتفاعل الكربيد والماء ويخرج منها غاز الأسثلين ويحضر كربيد الكالسيوم بمزج كمية من فحم الكوك مع كمية من كربونات الكالسيوم (حجر الجير الاعتيادي) في قمين خاص ويعمل في المزيج تيار كهربائي عالي الشدة بين قطبين في ذلك القمين فيتحد الفحم الكوك والحجر اتحادا كيميائيا نحصل منه على مادة كربيد الكالسيوم .



(شكل ٩٦ — جهاز تحضير غاز الأسثلين)

وشكل (٩٦) يبين جهاز تحضير غاز الأسثلين ويتركب هذا الجهاز من إسطوانتين معكوستي الوضع تتحرك إحداهما داخل الأخرى كما هو واضح في الشكل وتتصل الاسطوانة الخارجة الكبرى بحوض الماء "أ" وتتصل الاسطوانة الداخلية المتحركة — وتسمى "الناقوس" بحنفية الماء الموجود داخل الحوض فتتقل هذه الحنفية أو تفتح تبعا لحركة الناقوس صعودا ونزولا، فإذا ما نزل الناقوس فتحت الحنفية ونزل منها الماء تقطا إلى القمع المتصل بالماسورة

"ب" ومنها إلى مستودع كربيد الكالسيوم الواقع في أسفل الاسطوانة الكبرى فيتفاعل الماء مع الكربيد، ثم إن غاز الأسثلين الناتج من هذا التفاعل يتصاعد في الماسورة الرأسية الضيقة حتى نهايتها العليا فيصادف أسطوانته صغيرة

مقفلة من أعلى فينعكس اتجاهه ويتسرب من الفراغ الكائن بين الماسورة والأسطوانة ويمر بالماء الموجود بالجهاز ثم ينفذ منه الى قمة الناقوس الذى يقوم فى هذه الحالة بوظيفة مستودع لغاز الأستلين ، وبعد ذلك ينزل هذا الغاز من الماسورة الرأسية الأخرى الواضحة فى الرسم ويمر منها الى الوعاء "ج" المحتوى على كلوريد الكالسيوم فيمتص الأخير جميع الرطوبة الموجودة بالغاز ثم يمر بعد ذلك على المرشح "د" ومنه الى الخرطوم المؤدى الى ماسورة بورى اللحام ، والخرطوم والبورى وماسورته غير مبينة فى الشكل . أما الأوكسيجين اللازم للحام فى هذه الطريقة فيخزن فى قوارير خاصة بضغط ٨٠٠ رطل على البوصة المربعة فى الأجهزة ذات الضغط المنخفض وبضغط ١٨٠٠ رطل على البوصة المربعة فى الأجهزة ذات الضغط العالى .

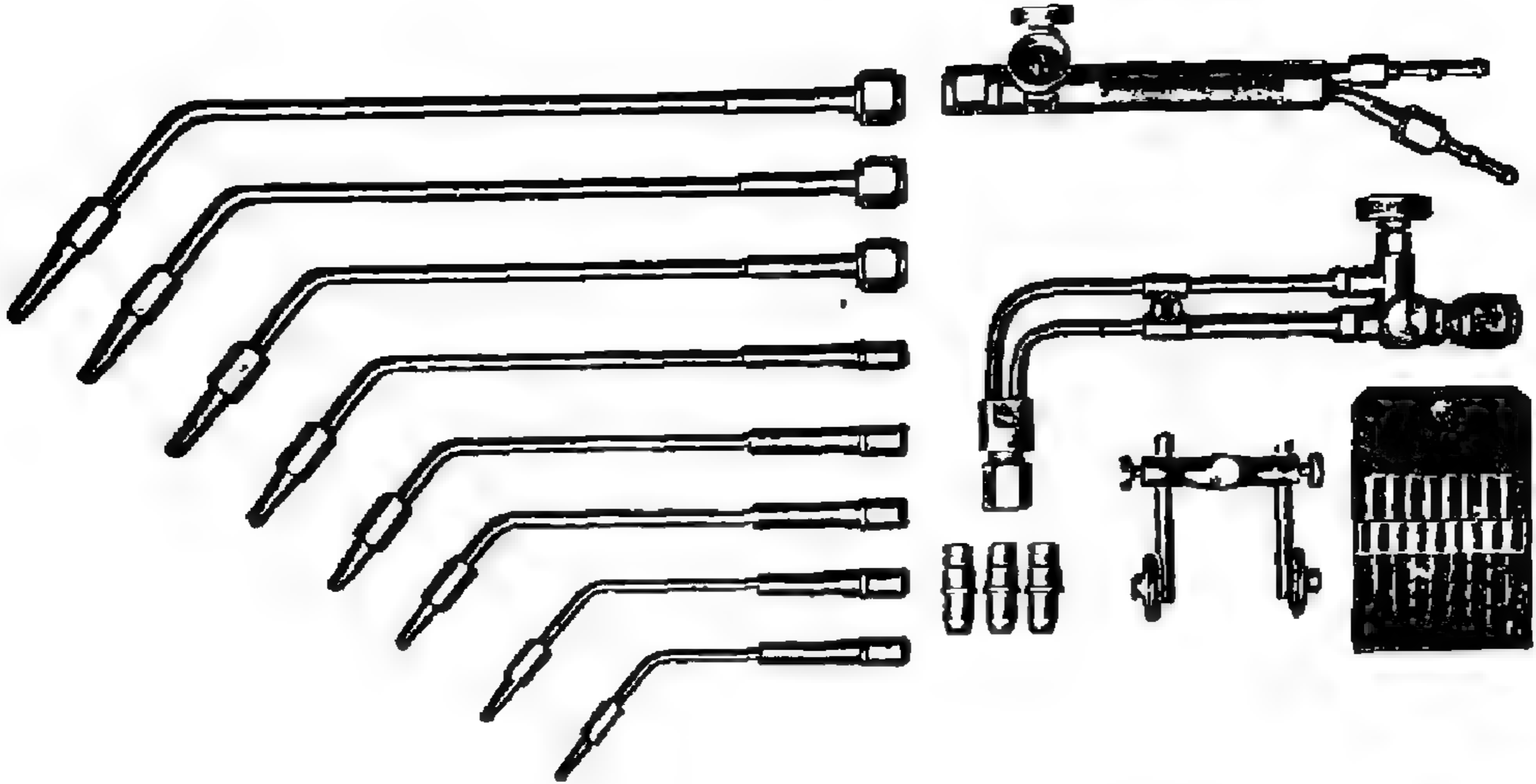
وبورى اللحام فى أبسط أشكاله يتركب من ماسورتين تمر إحداهما فى فى الأخرى وتحمل الداخلية الأوكسجين والخارجية غاز الأستلين وتتهيان بفتحة مستدقة تسمى النافورة ويوجد عند النهاية الأخرى للماسورتين حفتان لتنظيم الأوكسجين والأستلين حسب الحاجة وطول اللهب المطلوب .

وشكل (٩٧) يبين بضع بوارى بمواسيرها .

وشكل (٩٨) يبين بورى من النوع الحديث للقطع وفيه الماسورتان موضوعتان إحداهما بجانب الأخرى . وفى جميع البوارى يمكن تغيير النافورة واستبدال أخرى بها سواء أكانت أدق أم أكبر قطرا وذلك لكى تصلح البوارى لمشغولات مختلفة . كذلك يمكن حمل البورى عند فوهته على عجلتين يمكن استعماله للقطع بدلا من اللحام .

وتتلخص طريقة اللحام بالأوكسى أستلين فيما يأتى :

توضع القطعتان المطلوب لحامهما إحداهما بجانب الأخرى ، ثم يسلط عليهما لهب الأوكسي أستلين بقصد تسخينهما حتى اذا ما احمرتا سلط اللهب



(شكل ٩٨ — بوري من النوع الحديث للقطع) (شكل ٩٧ — بضع بوري بمواسيرها)

على موضع اللحام فينصهر معدن القطعتين في هذا الموضع وتلتحان ببعضهما إلا أنهما يفقدان جزءا من معدنهما فيستعاض عن الجزء المفقود بصهر طرف سيخ من المعدن نفسه ليحل محل ما فقد من معدن القطعتين والواقع أنه عند عملية اللحام يسلط اللهب في وقت واحد على موضع اللحام من القطعتين المطلوب لحامهما وعلى السيخ فينصهر الثلاثة معا في الأجزاء المعرضة منها للهب . وعلى العامل المباشر لهذه العملية أن يدرب نفسه على أن تكون كمية المعدن المنصهر من السيخ مساوية بالتقريب لما تفقده القطعتان المطلوب لحامهما وإلا نجم عن ذلك انصهار جزء من السيخ أكثر من اللازم بالنسبة لقلّة سمكه قبل أن ينصهر موضع اللحام من القطعتين فيلتصق فقط معدن السيخ بمعدن القطعتين دون أن تلتحما فضلا عن تكون سطح مجعد عند موضع اللحام ، ويستعمل في هذه الطريقة أحيانا مساعد صهر من البورا كس لتنظيف المعدن والمساعدة على صهره . وفي المشغولات التي يخشى كسرها بعد عملية

اللحام من جراء التمدد والانكماش السريع تسخن هذه المشغولات جميعها قبل عملية اللحام لدرجة الاحمرار القاتم على نار كبرهائية أو ما يشابه ذلك ، ثم تكس عليها النار بسمك ثابت إلا عند موضع اللحام فيترك ظاهرا لإمكان تسليط لهب البورى عليه . وبعد إتمام عملية اللحام يغطى ذلك الجزء أيضا بالنار ثم يلقى الرمل بكميات تكفى لتغطية كل النار بسمك ثابت وتترك هذه المشغولات حتى تبرد تماما .

وقد أصبح اللحام بالأوكسى أستلين متينا ومأمونا لدرجة أنه يستخدم الآن فى بناء هياكل المحركات المصنوعة من الصلب الطرى ، وذلك بلحام أجزائها بعضها ببعض بدلا من سبكها بالطريقة العادية ، وبذا خف وزنها وازدادت مقاومتها (أى متانتها) كذلك أمكن باستعمال لهب الأوكسى أستلين لحام كثير من المعادن كالحديد ومستخرجاته والنحاس والألمنيوم وغير ذلك . وأقصى درجات الحرارة التى أمكن الحصول عليها من هذا اللهب هى ٦٠٠٠ فهرنهايت .

اللحام بالكهرباء — عند ما يعبر التيار الكهربائى أية ثغرة هوائية يحدث فى تلك الثغرة شرارة كهربائية . كذلك عند ما يمر التيار الكهربائى بأى موصل فانه يميل الى رفع درجة حرارة ذلك الموصل وتتعلق تلك الدرجة على مقاومة الموصل وشدة التيار واذا إزداد كل من شدة التيار أو مقاومة الموصل فان حرارة الأخير ترتفع لدرجة أنه يتوهج كما هو مشاهد فى المصابيح الكهربائية واذا زاد التيار عن ذلك فان درجة الحرارة ترتفع ارتفاعا يكفى لإنصهار ذلك الموصل .

وعلى هاتين القاعدتين أسست طريقة اللحام بالكهرباء . وهناك طريقتان للحام بالكهرباء وهما :

(١) طريقة التوهج — وفيها يوصل أحد قطبي التيار بقطعة من القطعتين المطلوب لحامهما ويوصل القطب الآخر بالقطعة الثانية فتتوهج القطعتان عند موضع اللحام نظرا لعظم مقاومة هذا الموضع لسريان التيار وينصهر طرفا القطعتين وتلتحمان .

(٢) طريقة القوس الكهربائي — ويتم اللحام فيها بتأثير مرور شرارة قوية على شكل قوس كهربائي . ولحام بهذه الكيفية ثلاث طرائق وهي :
(الأولى) وفيها تمر شرارة كهربائية شديدة بين قطبين من الكربون ثم توجه الحرارة الناتجة من هذه الشرارة على القطع المعدنية المطلوب لحامها فتصهر وتلتحم أثناء تبريدها .

(الثانية) وفيها يمر القوس الكهربائي بين قطب مكون من قطع المعدن المطلوب لحامها وقطب آخر من الكربون حيث يكون الأول موجبا ويظل القوس زمنا كافيا حتى يصهر المعدن ويلتحم .

(الثالثة) وفيها يوصل القطب السالب بالقطع المراد لحامها ويوصل الموجب بسيخ من نفس المعدن فعند مرور التيار تحدث شرارة كهربائية بين السيخ والقطع المطلوب لحامها عند موضع اللحام فينصهر الجميع ويسيل معدن السيخ في موضع اللحام .

ويلاحظ أن في طريقة اللحام بالأوكسي استلين يستخن الجزء المجاور لموضع اللحام لدرجة عالية مهما أستخدم طرف اللهب ، وتمتاز طريقة اللحام بالكهرباء عن طريقة الأوكسي استلين وعن طريقة الكير في كون الحرارة تتولد في موضع اللحام فقط في طريقة الكهرباء وبذلك يضمن أن لا يكون اللحام ناقصا من جراء التأكسد السريع الذي يحصل في الطريقتين الأخيرتين أو من جراء الأوساخ والكبريت التي توجد عند اللحام بطريقة الكير والتي تعوق سهولة الالتحام .

وقد تقدمت طرائق اللحام بالكهرباء حتى أمكن بها لحام القطع التي يخشى من تلفها اذا سخنت بلهب الأوكسى استلين . كذلك أمكن بهذه الطريقة ملء التآكل الذى يحصل فى قطع المعادن من جراء الاستعمال دون أن تتعرض للتلف . وقد استعملت الكهرباء أيضا فى وصل الألواح المعدنية بعضها ببعض بدلا من البرشام ، وذلك بأن يحصر طرفا اللوح أو اللوحين المطلوب لئامهما بين زنبتين تحملان التيار الكهربائى فعند ضغط الزنبتين على طرفى اللوح يمر التيار من إحداهما للثانية فينصهر معدن اللوح عند طرفى الزنبتين ويلتحم طرفا اللوح ، وتسمى هذه الطريقة طريقة اللحام بالزنبة الكهربائية ، وتستخدم بكثرة فى لحام الألواح الرقيقة كما فى الدواليب والأثاث والمغناطيس وبعض الغلايات المصنوعة من الصاج .

اللحام بالقصدير — نظرا لإنصهار القصدير وسبائكته على درجة حرارة منخفضة وسهولة إلتصاقه بكثير من المعادن فإنه يستخدم واسطة فى وصل الألواح والقطع التى من معدن واحد أو من معدنين مختلفين . وطريقة ذلك أن تنظف القطعتان عند موضع اللحام بأية آلة حادة وتزال المادة الدهنية التى قد تكون عالقة بموضع اللحام بحامض مخفف مثل حامض النيتريك أو المورياتيك . ثم يحى قطعة من النحاس مسلوكة الطرق تسمى ”كاوية“ وتنظف بعد تسخينها وتضغط على ساق من سبيكة قصدير اللحام المكونة من جزء من القصدير وجزء من الرصاص ويجرد ملامسة طرفها المسلوب لسبيكة القصدير تنصهر هذه السبيكة ويلتصق جزء منها بطرف الكاوية ويبقى هذا الجزء منصهرا ما دامت درجة حرارة الكاوية كافية وفى هذه الحالة يمر

هذا الطرف على موضع اللحم فيترك عليه جزءا من سبيكة القصدير تلتصق به وتبرد، وعندئذ تصبح القطعتان متماسكتين. وتستعمل في لحام الصفيح مادة للتنظيف بدل الحامض وهي "الفلقونية". واللحام بالقصدير لا يتحمل درجات الحرارة العالية فضلا عن ضعفه بالنسبة للدونة سبيكة القصدير. كذلك كثيرا ما تستعمل سبيكة من النحاس والزنك كمادة للحام وتعرف هذه السبيكة لدى الصناع بالمونة وطريقة اللحام بها كما يأتي :

اللحام بالمونة — يوضع طرفا القطعتين المطلوب لحامهما متلامستين على فرش من فحم الكوك ثم يسلط عليهما لهب قوى مثل لهب موقد البترول المعروف بوابور اللحام أو لهب غاز الاستصباح^(١) ويرش على موضع اللحام جزء من البورا كس كمساعد صهر ثم توضع قطع صغيرة من ألمونة عليه، وعندما يسلط اللهب تنصهر ألمونة وتماسك مع طرفي القطعتين بعد أن تسيل بينهما وتلتصق بالمعدن الذي تعلو درجة حرارة انصهاره عن درجة انصهار ألمونة كما في معدن الحديد .

أما النحاس ومركباته فانه ينصهر عند موضع اللحام بتأثير مساعد الصهر فيلتحم مع المونة . وطبيعي ألا تستعمل المونة في لحام المعادن التي تقل درجة انصهارها عن درجة انصهار المونة نفسها .

(١) في هذه الحالة يستعمل بوري للحام فيمر فيه الهواء المضغوط ويتقابل مع غاز الاستصباح

عند فوهة البوري فيعطى لهبا قويا عند اشتعال الغاز .

ويختلف تركيب المونة باختلاف الغرض الذي تستخدم من أجله .
والجدول الآتي يبين تركيب أربعة أنواع منها :

نحاس	زنك	درجة الانصهار
١,٥	١	١٦٣٠° ف
١	١	١٦٠٠° ف
١	٢	١٤٧٠° ف
١	٤	١٣٠٠° ف

وبإضافة كمية من البزموت أو الزئبق تنخفض درجة حرارة الانصهار
انخفاضاً كبيراً. وعند استخدام المونة في لحام الزهر يستخدم أوكسيد النحاسوز
كمساعد صهر .

الفصل الرابع والعشرون

العدد القاطعة

العدة القاطعة هي أداة تصنع من معدن أشد صلابة من المعدن المطلوب قطعه وتشكل حسب مقتضيات الأحوال على أشكال متعددة بما يناسب الآلة المستخدمة أو التشكيل المطلوب أدائه . ويتأسس الحد القاطع في العدد القاطعة على نظرية المستوى المائل فمثلا الحابور المسلوب البسيط يمكن أن يعتبر كعدة قاطعة ، لأنه عند الطرق عليه يدخل بين أجزاء الجسم فيمزقها ، لكنه يصعب إخراجها من بين جزئي الجسم ، لذلك وجب أن تكون زاوية ميله كبيرة جدا حتى لا ينحشر بين جزئي الجسم ، أو يعمل بحده القاطع خلوص كي يسهل اتزاعه .

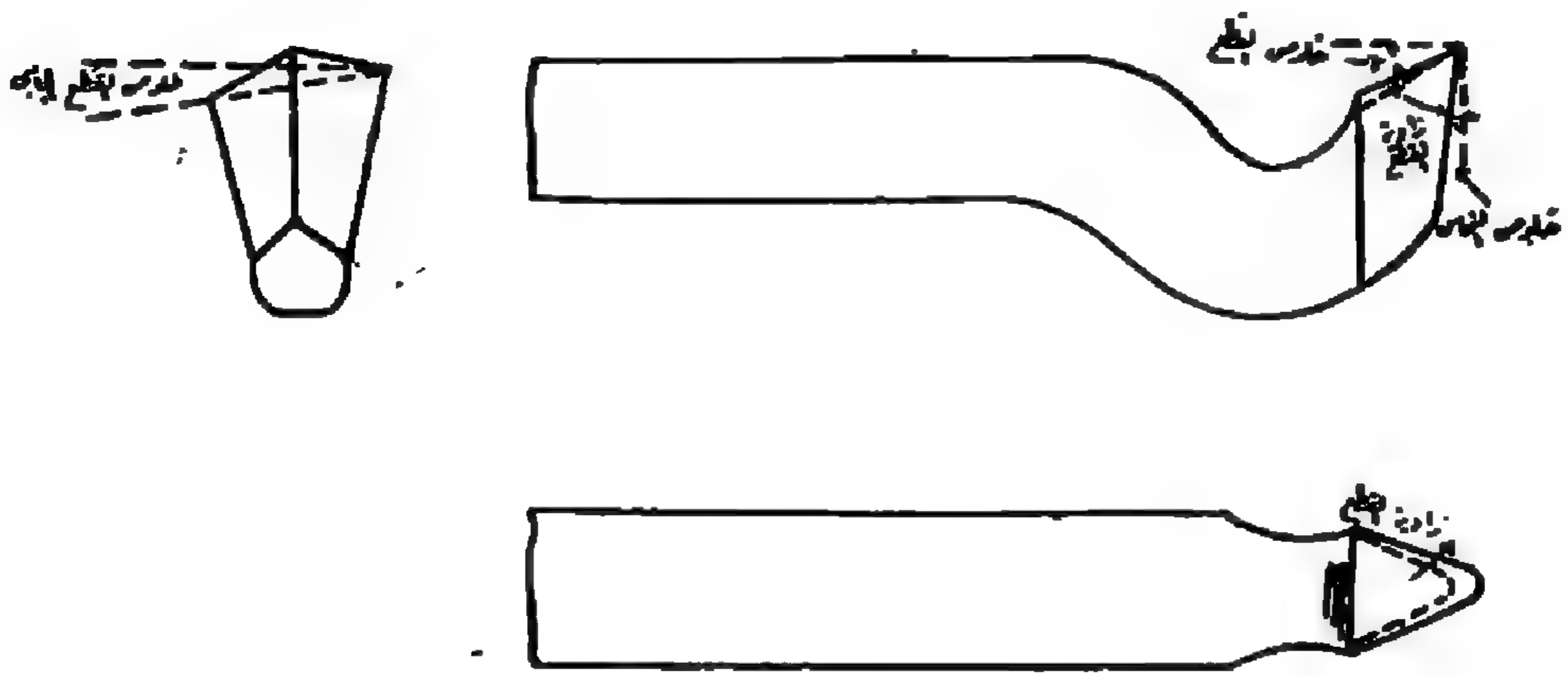
زاوية القطع — يفهم مما سبق أن لكل أداة قاطعة زاوية خاصة بها تتناسب مع نوع المعدن المقطوع وتسمى زاوية القطع .

الخلوص — هو مقدار السماح في تشكيل الحد القاطع حتى لا يتآكل بسرعة من احتكاكه بالمشغولات ولكي يسهل خروج الأجزاء المقطوعة عن الجسم . وينقسم الخلوص الى قسمين : (أ) خلوص القطع . (ب) خلوص التماس .

نخلوص القطع هو مقدار السماح في العدد القاطعة كي يسهل خروج الجزء المقطوع (كالخراطة مثلا) . وخلوص التماس هو مقدار السماح في العدة

القاطعة بما يمنع تماس أى جزء منها غير حافتها القاطعة بالمشغولات . وأبسط مثل يمكن أن نضربه هو صفيحة المنشار فان زاوية كل سنة هى زاوية القطع أما تفليجة المنشار فت منع تماس الصفيحة و سطحى الجسم المقطوع . كذلك الحال فى قلم التاجين فان حده القاطع يعمل أكبر عرضا بقليل من بدنه حتى لا يتماس البدن مع المثقبة المقطوعة مثلا وذلك هو خلوص التماس .

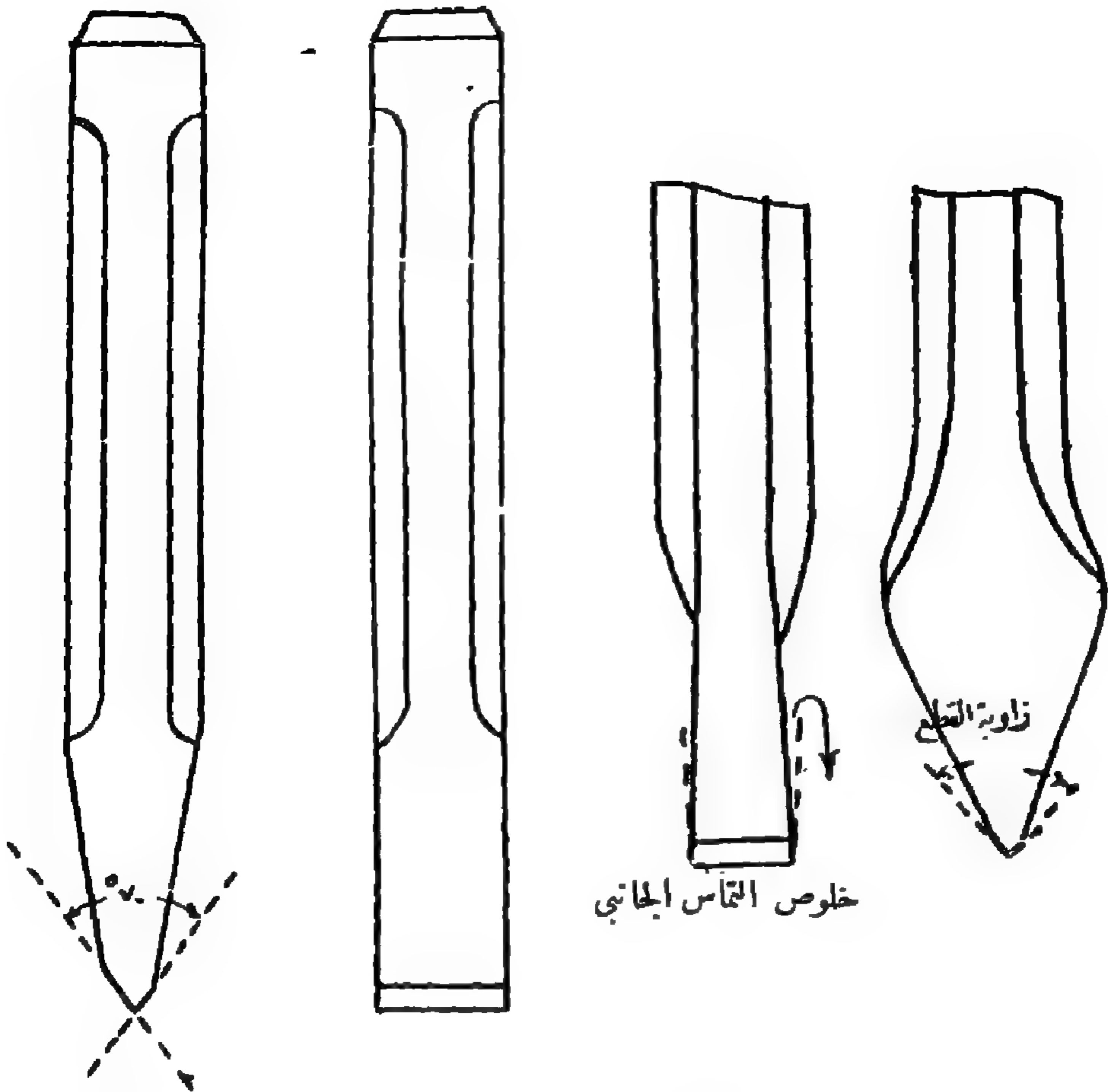
أما الزاوية المحصورة بين سطحى حده فهى زاوية القطع ، وقد يتعدد فى عدة قاطعة واحدة كل من خلوص التماس والقطع . فقلم المخرطة به من الخلوص أربعة واضحة فى الرسم شكل (٩٩) فسطحه العلوى مائل قليلا بزاوية



(شكل ٩٩ — قلم مخرطة مبين به أنواع الخلوص)

هى زاوية خلوص القطع وحرفه الأمامى ينحرف عن مماس المشغول قليلا وهذا هو خلوص التماس وكل من سطحيه الجانبين يميل قليلا أيضا بزاوية هى خلوص التماس أيضا أما الزاوية المحصورة بين سطحيه الجانبين فهى زاوية القطع .

وشكل (١٠٠ و ١٠١) يبين قلم أجنة وأجنة موضعا عليه زاوية القطع وخلوص التماس لقلم الأجنة .



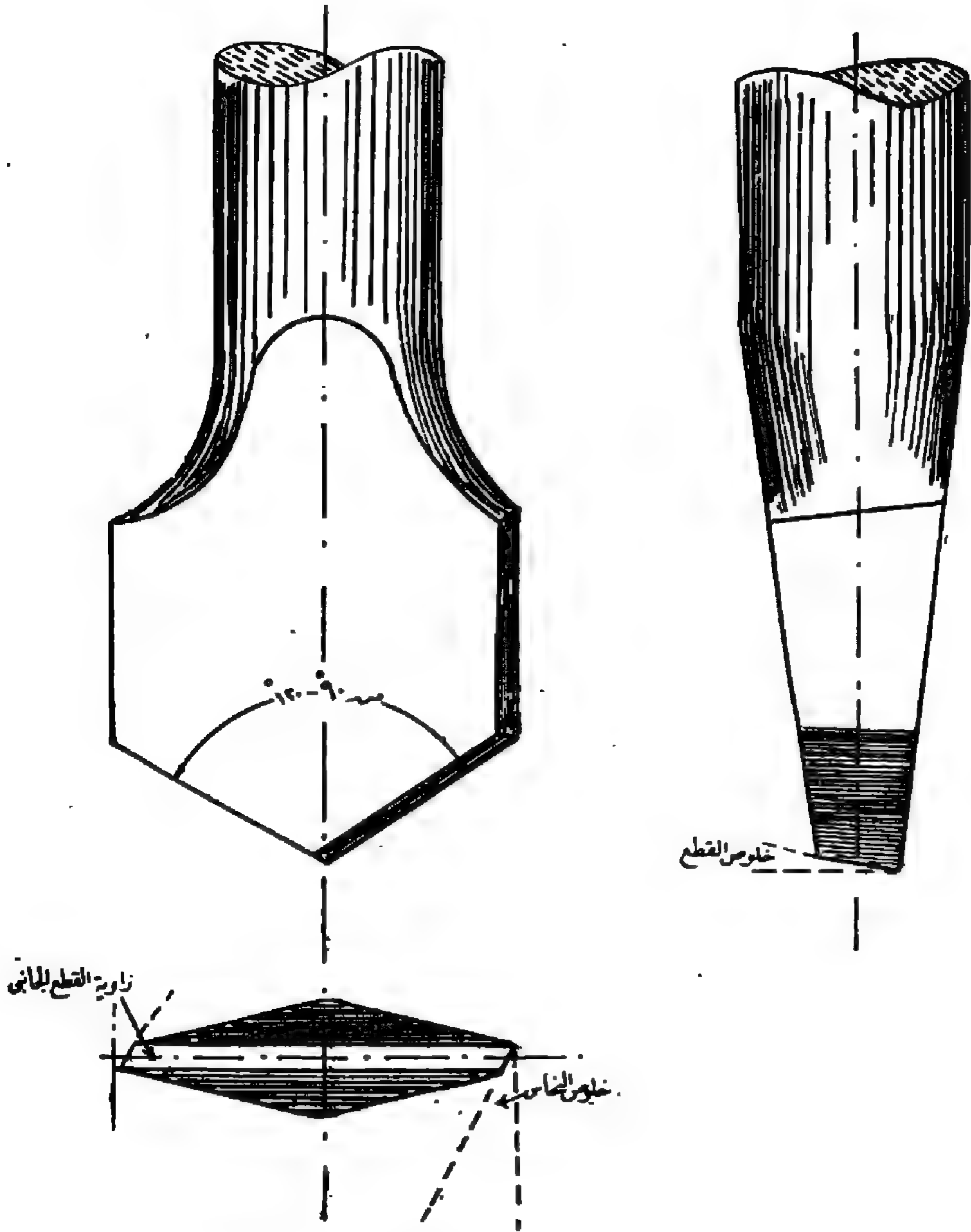
(شكل ١٠١ — أجنة)

(شكل ١٠٠ — قلم أجنة)

وشكل (١٠٢) يبين البنطة البلى ، وشكل (١٠٣) يبين البنطة الأمريكانى ، وزوايا القطع وخلوص التماس الخاص بهما .

هذا وقد يضطر العامل فى كثير من المصنوعات أن يسن عدته القاطعة ويهيء فيها ما يناسب المشغولات نفسها من الخلوص . فمثلا لقطع قلاووظ ذى خطوة كبيرة وجب أن تكون زاوية خلوص التماس الجانبي للقلم إما يمينية وإما شمالية حسب نوع الخطوة المطلوبة . وكذلك تكون زاوية ميل خلوص التماس الجانبي أكبر قليلا من زاوية ميل القلاووظ نفسه حتى

يمكن للحد القاطع أن يعمل في فتح مجرى القلاووظ دون أن يتلف القلاووظ نفسه ومما سبق يفهم أن زوايا خلوص النحاس وخلوص القطع تختلف اختلافاً بيناً حسب نوع العدة القاطعة والمشغول بما لا يتسع المجال لشرحه هنا .



(شكل ١٠٢ — البنطة البلدى)



(شكل ١٠٣ — البنطة الأمريكانى)

ونضرب الأمثلة بالجدول الآتى بعد فيما يتعلق بالعدد القاطعة الكثيرة الإستعمال مبيّنا به زوايا القطع والخلوص فيها بالنسبة للمقاومة المختلفة .

ولقد تطورت العدد القاطعة تطورا محسوسا أدّى بطبيعة الحال الى تغيير شكلها إلا أنها لا تزال حافظة لزوايا القطع والخلوص فيها . وكان السبب فى ذلك التطور هو سرعة تآكل حدها القاطع فيصنع بعضها متعدد الحواف القاطعة على شكل قرص شُكِّل على محيطه حوافٌ قاطعة أطلق عليها اسم السكاكين .

وهذه السكاكين تختلف حسب العمل المطلوب منها تأديته ، فقد تطور المثقاب الأمريكانى الخاص بعمل الثقوب فى الجسم الى الدّشك أو البرغل الذى هو فى أبسط أشكاله عبارة عن جملة حواف رسمت على محيط إسطوانة حتى أدت عمل المثقاب فى توسيع الثقوب فقط .

كذلك تعددت حواف الأجنة على محيط الاسطوانة فأصبحت سكينه لكشط الأوجه المعدنية وتسوية السطوح واستعملت لذلك آلة خاصة تسمى بالفريزة .

جدول خاص ببعض العدد القاطعة الكثيرة الاستعمال مينا به زوايا القطع
والخلوص :

زاوية خلوص القطع	زاوية خلوص التماس	زاوية القطع	العدة القاطعة
—	—	$^{\circ}25 - ^{\circ}30$	الأجنة — (للمعادن اللينة كالنحاس والرصاص والسيكة)
—	—	$^{\circ}40 - ^{\circ}55$	الأجنة — (النحاس الأصفر والذهب)
—	—	$^{\circ}60 - ^{\circ}70$	الأجنة — (الصلب)
$^{\circ}3$	$^{\circ}5 - ^{\circ}3$	$^{\circ}25 - ^{\circ}30$	قلم التأجين — (للمعادن اللينة)
$^{\circ}3$	$^{\circ}3$	$^{\circ}90 - ^{\circ}120$	مثقاب بلدى — (بنطة)
$^{\circ}25 - ^{\circ}30$	—	$^{\circ}118 - ^{\circ}120$	مثقاب أمريكانى — (للصلب والحديد)
		$^{\circ}150 - ^{\circ}152$	6 للنحاس (١)

خلوص اقطع		خلوص التماس		زاوية القطع	العدة القاطعة
العلوى	الجانبى	الجانبي	الأمامى		
$^{\circ}10$	—	$^{\circ}6$	$^{\circ}3 - ^{\circ}8$	$^{\circ}75$	أقلام المخارط (عدل للصلب) (٢) ..
$^{\circ}12$	$^{\circ}10$	$^{\circ}6$	$^{\circ}3 - ^{\circ}8$	$^{\circ}75$	قلم مخروطة (للصلب جنب)
$^{\circ}10$	—	$^{\circ}6$	$8 - 10$	$^{\circ}80$	» (للزهر عدل)
$^{\circ}20$	$^{\circ}8$	$^{\circ}6$	$8 - 10$	$^{\circ}80$	» (» جنب)
$^{\circ}15$	—	$^{\circ}6$	$5 - 12$	$^{\circ}65$	» (للحديد عدل)
$^{\circ}15$	$^{\circ}25$	$^{\circ}6$	$5 - 12$	$^{\circ}65$	» (» جنب)
—	—	12	$6 - 12$	$^{\circ}85$	» (محاس عدل)
—	—	12	$6 - 12$	$^{\circ}85$	» (» جنب)

(١) زاوية خلوص القطع فى هذا المثقاب هى زاوية ميل الحزونة .
(٢) زاوية الخلوص فى الأقلام القاطعة هى وسيلة التجارب وتناسب كليا مع نوع الصلب
فضلا عن نوع العمل نفسه .

الفصل الخامس والعشرون

طرائق التشغيل

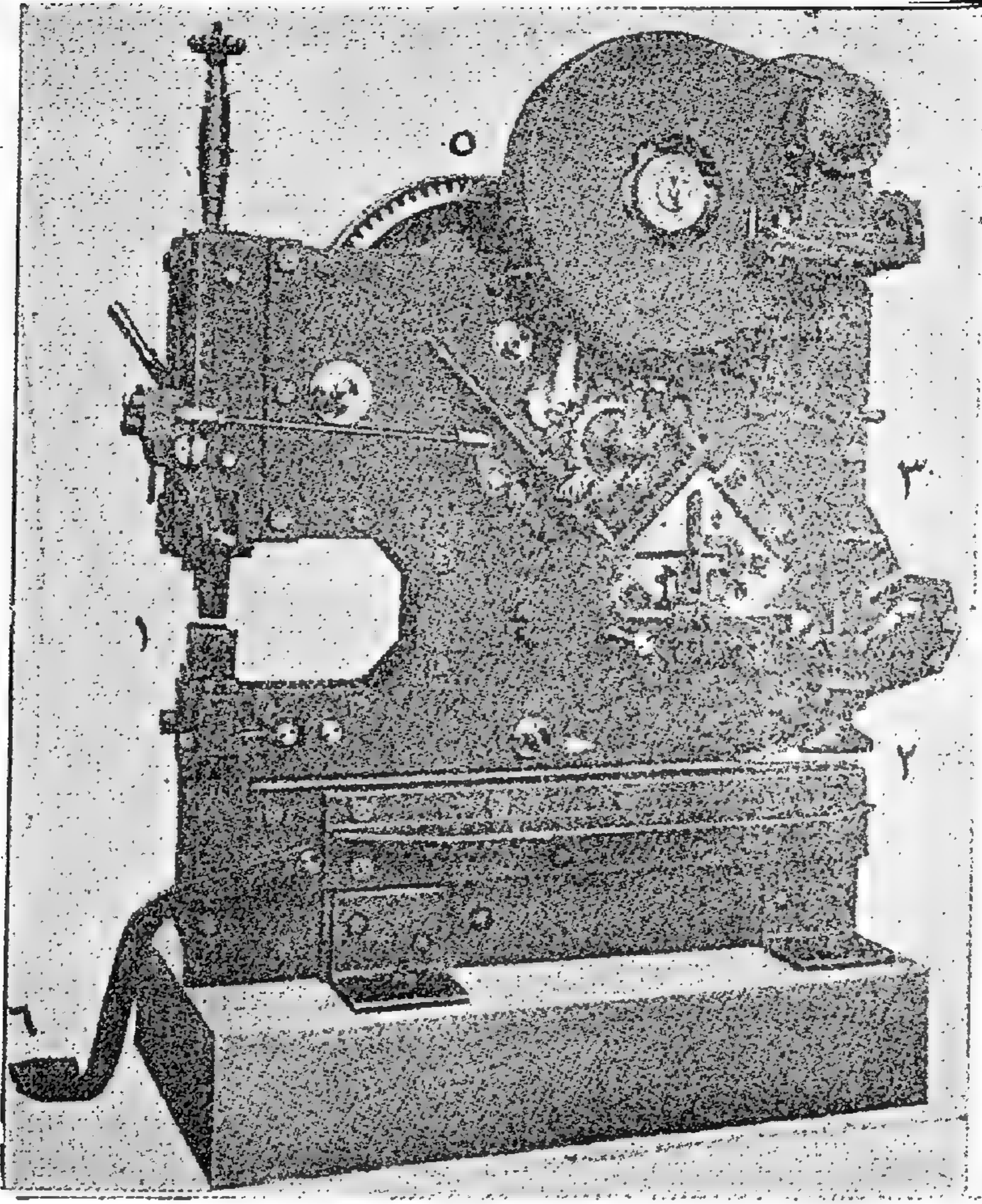
كان العامل الاقتصادي أعظم مشجع على تقدم الصناعة . فحفزهم المهندسين إلى استنباط سبائك معدنية مختلفة تجمع إلى المئاة خفة الوزن فضلا عن رخص تكاليف صناعتها وتشكيلها ، واستوجب ذلك إستخدام آلات متنوعة العمل تفي بأغراض الصناعة التي يتعذر حصرها حتى لقد اختصت كل آلة من الآلات بنوع واحد من العمل وأحيانا بأكثر من عمل واحد وفاءً لمطالب المدنية الصناعية المتشعبة النواحي والأطراف . وسنورد تحت هذا الفصل موجزا لبعض الآلات الضرورية التي لا معدى من وجودها في المصانع الميكانيكية التي ستقوم باصلاح وتشكيل بعض المشغولات حسب طاقتها .

ويمكن أن تنحصر أعمال هذه الآلات في تشكيل المشغولات إما من الداخل وإما من الخارج وإما التشكيلين معا . وسنشرح بإيجاز بعض الآلات التي تقوم ببعض تلك العمليات .

التخريم والثقب — وهما من أسهل العمليات التي تؤدي في الورش الميكانيكية وأكثرها ولا يستلزم آداؤها إلا قليل من العناية . ومع أن الغرض

من هاتين العملتين واحد وهو عمل ثقب في الألواح المعدنية إلا أنهما يختلفان في الطريقة والنتيجة وفي العدد المستخدمة فالتخريم مؤسس على الطريقة الآتية :

إذا وضع لوح من معدن لدن على قاعدة من الصلب بها ثقب معلوم القطر ثم جىء بقطعة من الصلب الناشف مخروطية الشكل تسمى السنك قطرها ملائم لقطر الثقب وطرق هذا السنك بمطرقة على اللوح وفوق الثقب مباشرة فإن معدن اللوح ينبعج تحت السنك من تأثير الطرق ويدخل في الثقب إلى أن ينحصر بين حافة الثقب والسنك ويترك مكانه ثقباً في اللوح . وبهذه الطريقة يمكن تخريم الألواح المعدنية اللدنة الرقيقة أى قليلة السمك . والتخريم يؤدي عادة في الورش الحديثة بواسطة آلة تسمى آلة السنك فيوضع لوح المعدن المطلوب تخريمه على قاعدة من الصلب مثبتة في الآلة ثم يضغط على السنك — وهو في هذه الحالة اسطوانة من الصلب المقسى قطرها مساو تقريبا لقطر ثقب القاعدة يتحرك آليا حركة ترددية — فينحصر المعدن بين نهاية السنك وحافته وثقب القاعدة فينفصل ويتكون في موضعه الثقب المطلوب . وشكل (١٠٣) يبين آلة من هذا النوع تستخدم عادة في تخريم ألواح الحديد والكمرات المستعملة في المباني وبناء المراكب وما شاكل ذلك من الأعمال التي تتطلب عمل ثقب كثيرة ذات قطر واحد وفي العادة تشمل آلة السنك مقصا لقص الألواح المعدنية وآخر لقص الزوايا والكمرات كما هو مبين بالشكل .



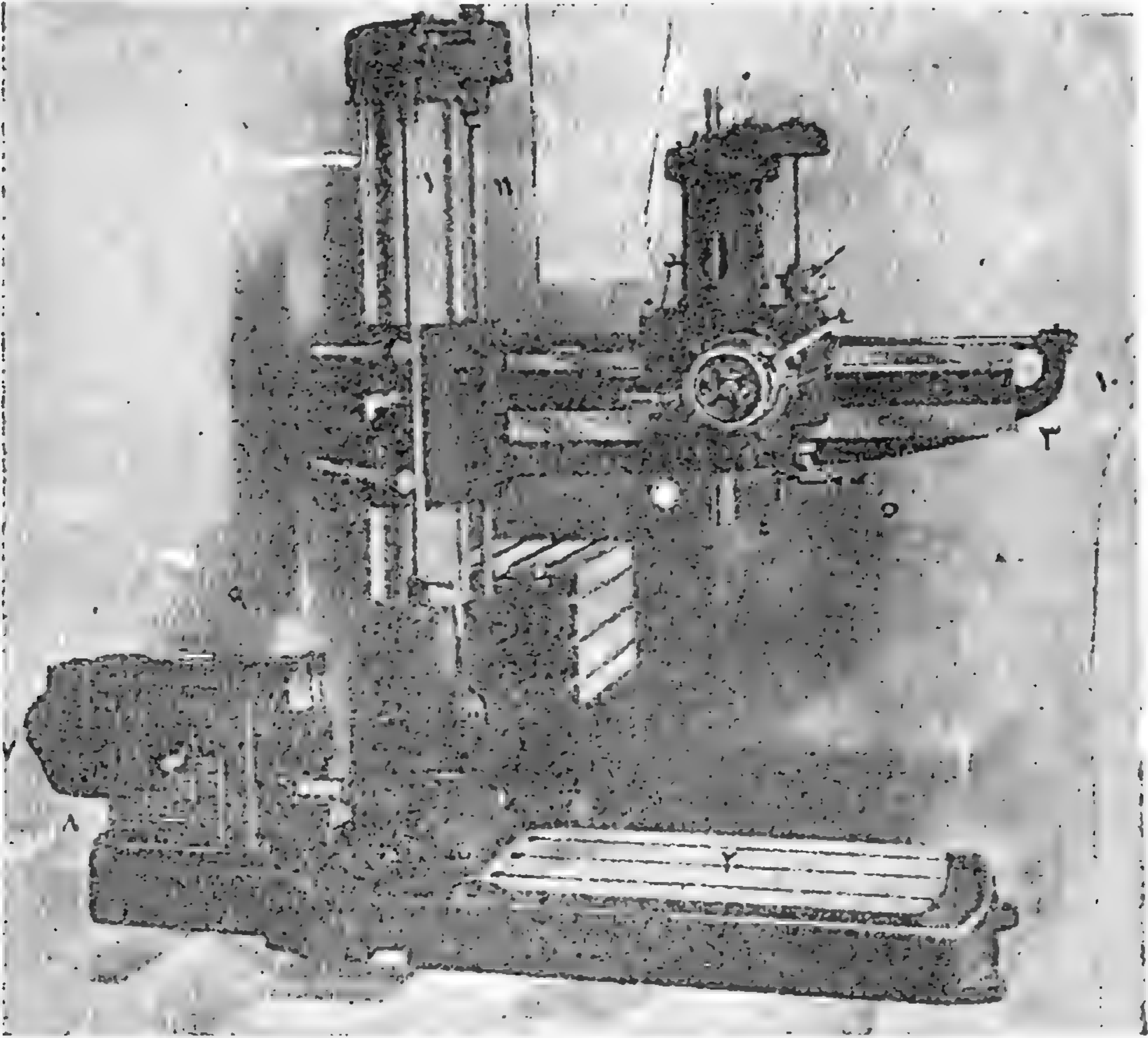
(شكل ١٠٣ — آلة سنبك ومقص)

آلة التخريم

(٤) البدن	(١) السنبك والقاعدة
(٥) مجموعة التروس الموصلة للحركة	(٢) مقص قطع الصاج
(٦) بدال تشغيل السنبك	(٣) مقص الزوايا والكمرات

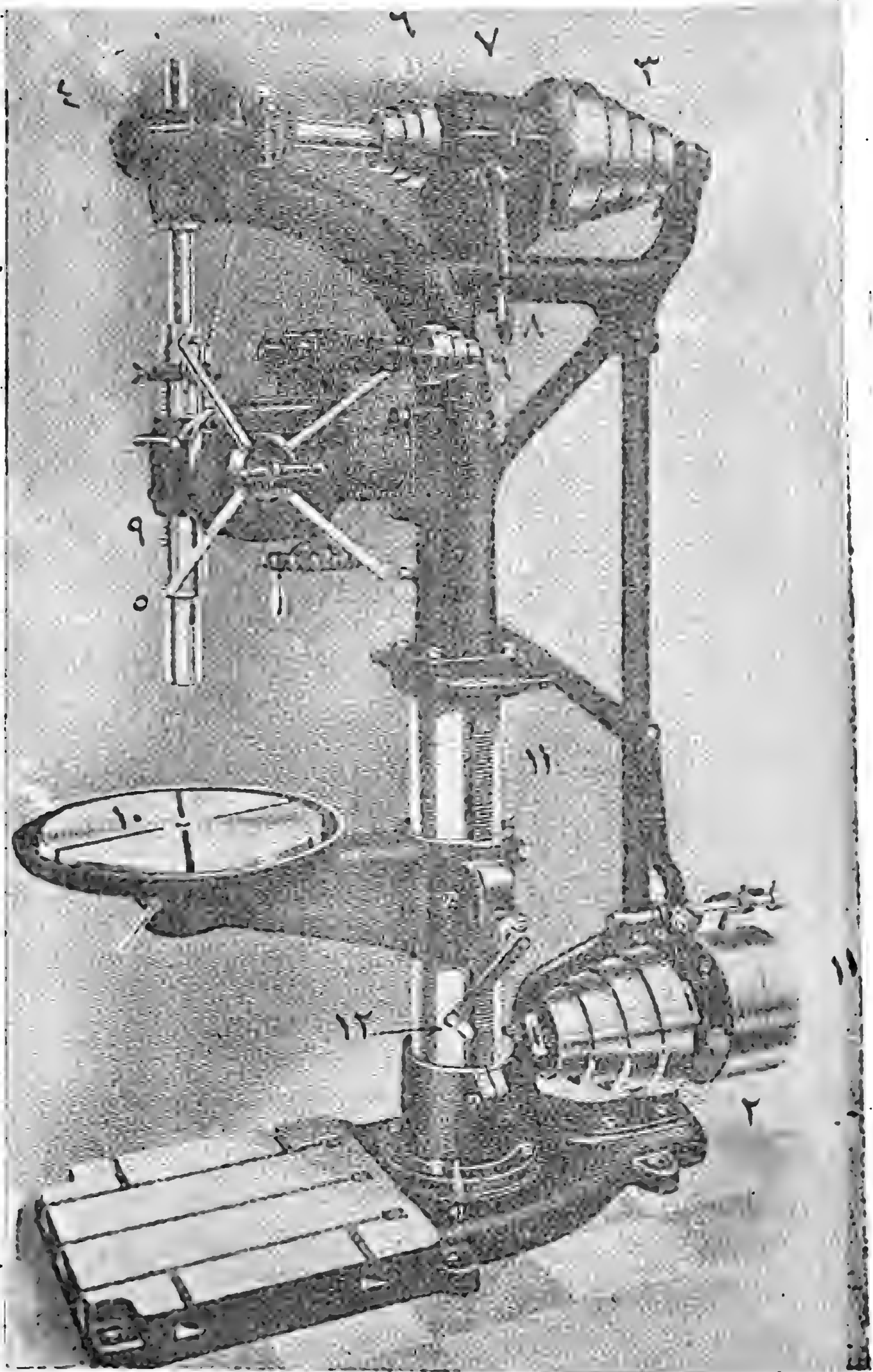
أما الثقب فيستخدم في أدائه عدة قاطعة تسمى البنطة تتحرك حركة دائرية وتركب في آلة تسمى آلة المثقاب وشكل (١٠٤) يبين مثقابا من النوع المعروف في المصانع المصرية باسم المثقاب ذى الدف وشكل (١٠٥) يبين مثقابا يعرف بمثقاب الشجرة فعند دوران البنطة تؤثر حافتها القاطعة في المعدن فتقطع منه ما يعادل قطرها . وتستخدم طريقة الثقب في الأشغال ذات الثقوب القليلة أو التى تحتاج الى دقة فى الأداء . كذلك تستخدم فى عمل

الثقوب العميقة وفي ثقب المعادن غير اللدنة كالزهر مثلاً وتختلف طريقة الثقب عن التخريم في أن المعدن لا يتأثر في الطريقة الأولى عند عمل ثقوب فيه أما في طريقة التخريم فيتأثر المعدن إذ أن كبس السنبك في القاعدة



(شكل ١٠٤ — المثقاب ذو الدف)

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| (١) العمود . | (٧) غطاء طنبور الادارة . |
| (٢) القرش . | (٨) صندوق تغيير السرعة . |
| (٣) الدف . | (٩) يد بدء الحركة . |
| (٤) عمود المثقاب . | (١٠) جريدة تحريك المثقاب على الدف . |
| (٥) يد التغذية اليدوية . | (١١) فتيلة رفع أو خفض الدف . |
| (٦) » النفسية . | (١٢) يد تثبيت الدف . |



(شكل ١٠٥ — مضخة الشجرة)

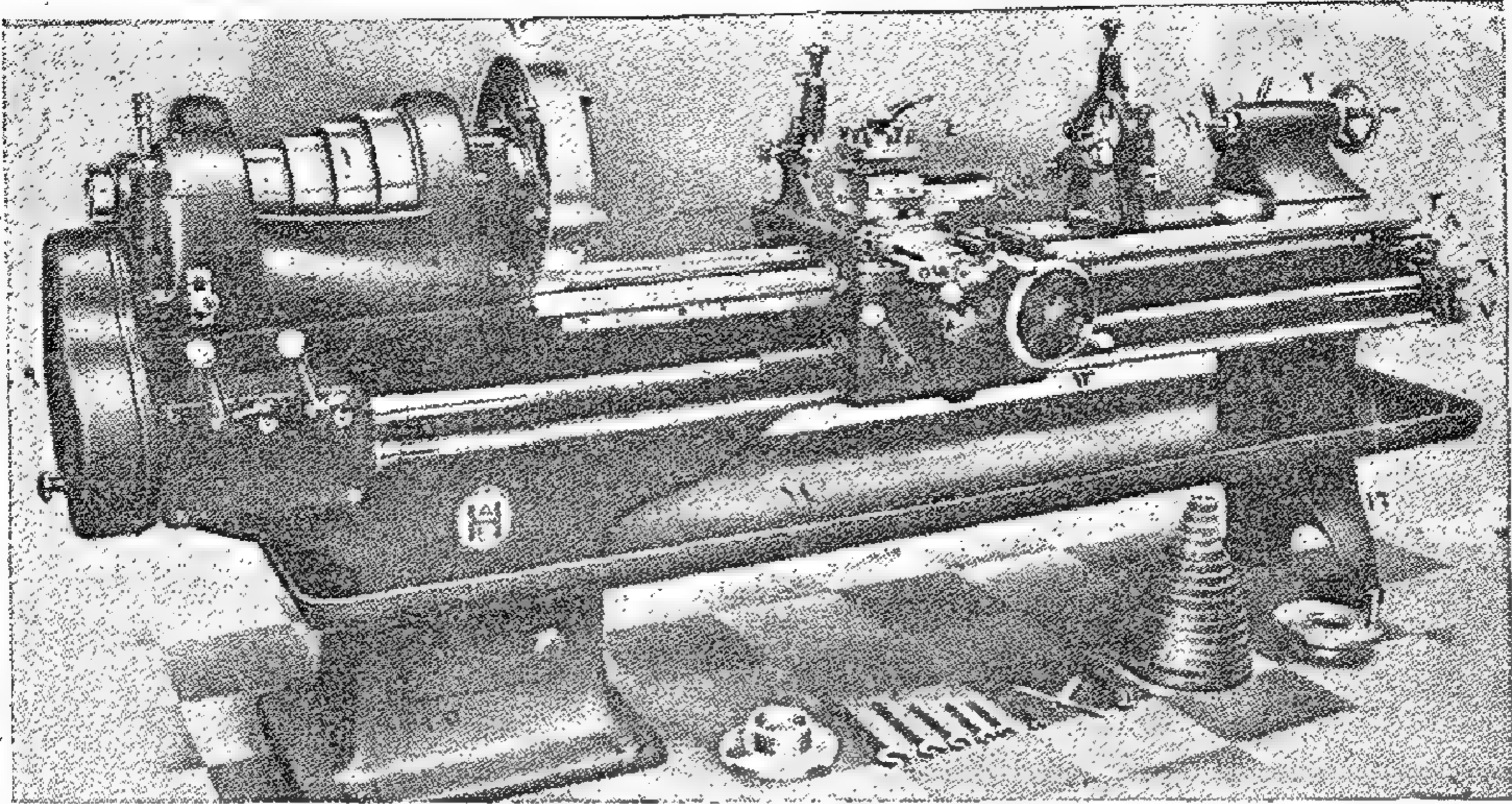
- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| (١) مضخة الادارة . | (٧) صندوق مرعة تغيير التغذية النخبة . |
| (٢) المضخة المدرج . | (٨) يد تغيير مرعة التغذية . |
| (٣) مضخة مدرج لعمود المضخة . | (٩) يد التغذية اليدوية . |
| (٤) صندوق داخله ترسا نقل الحركة . | (١٠) الصبينة . |
| (٥) عمود المضخة . | (١١) جريدة رفع الصبينة . |
| (٦) مضخة مدرج التغذية النخبة . | (١٢) يد لرفع الصبينة . |

يميل الى شد أجزاء المعدن في المنطقة المجاورة للثقب فيجهدها . لذلك لا تستخدم طريقة التخريم في صنع المراحل الدقيقة الصنع ويستخدم الآن في هذا الغرض آلات مثقاب متعددة البنت .

نحط المعادن — وهو من أهم وأدق العمليات في الورش الميكانيكية ويحتاج الصانع الى كثير من التدريب حتى يلم بالضرورة منها . وتنحصر عملية النحط في تشكيل المشغولات المعدنية بأشكال دائرية أو مخروطية أو كروية سواء أ كان ذلك التشكيل على السطح الخارجى للمشغولات أم على سطحها الداخلى ثم انها تشمل أيضا عملية تسوية السطوح وعمل سن القلاووظ . وتؤدي كل هذه الأعمال على آلة تسمى المخرطة يتأسس عملها على ادارة المشغولات وتعريضها وهي دائرة لعدة قاطعة تشكلها بالشكل المطلوب وتركب المخرطة كما في شكل (١٠٦) من بضع أجزاء مهمة منها الغراب الثابت ويتركب من عمود محور محمول على كرسيين مركب عليه بينهما طنبور مدرج لا مكان تغيير سرعة العمود حسب الطلب . وطرف العمود مقلوظ يركب عليه ظرف أو صنية لربط المشغولات ربطاً محوريا على استقامة العمود . ويحمل هذا الغراب على فرش من الزهر يسمى بنك المخرطة أو فرشها ذو طول مناسب اعتنى بتسوية سطحه العلوى حتى جعل جميعه موازيا بالضبط لمحور عمود الغراب الثابت .

ويحمل على الفرش نفسه جزء آخر مهم من أجزاء المخرطة هو الغراب المتحرك ويتركب من عمود مقلوظ يتحرك داخل جلبة معدنية مقلوظة بحيث يمكن تحريكه حركة مستقيمة موازية لمحور المخرطة وذلك بإدارة طارة أعدت خصيصا لهذا الغرض ويحمل هذا العمود على جسم من الزهر يتزاق فوق فرش المخرطة وبذلك يمكن وضع الغراب في أى مكان على طول المخرطة وتثبيته بواسطة

مسمار مقلوظ وفائدة الغراب المتحرك أن يقوم بوظيفة كرسى خارجى يحمل طرف المشغولات الطويلة حتى تكون هذه المشغولات محملة على كل من



(شكل ١٠٦ — المخرطة)

(١٠) الصينية لربط المشغولات	(١) الطنبور المدرج فى الغراب الثابت
(١١) زئبة الغراب المتحرك	(٢) الغراب المتحرك
(١٢) يد تحريك جشمة بريمة الأم	(٣) الفرش
(١٣) يد تحريك الراسمة طوليا على فرش	(٤) راسمة ربط القلم
المخرطة بواسطة الجريدة والترس	(٥) يدا تغذية القلم
(١٤) الحوض	(٦) بريمة الأم
(١٥) دولاب المخرطة	(٧) عمود الجر
(١٦) نخذ المخرطة	(٨) الجريدة
(١٧) مجموعة تروس التغير لقطع القلاووظ	(٩) غطاء لتغطية مجموعة تروس تحريك بريمة الأم

طرف الغراب الثابت والغراب المتحرك ويثبت فى طرف كل من الغرايين قطعة من الصلب المقسى مخروطية الشكل تحمل عليها المشغولات وتسمى الزئبة . وتربط العدة القاطعة — وتعرف بالقلم — فى الراسمة وهى مسبوك من

الزهر يتزلق على طول فرش المخرطة بين الغرايين ويحمل فتيلتين (أى عمودين قصيرين من القلاووظ) احدهما موازية لمحور المخرطة والأخرى عمودية عليه ويمكن بواسطة هاتين الفتيلتين تحريك العدة القاطعة حركة موازية لمحور المخرطة أو حركة عمودية عليه أو الحركتين معا . كذلك يحمل فرش المخرطة على أحد جانبيه عمودا مقلوظا يسمى بريمة الأم يستمد حركته الدائرية من عمود الغراب الثابت بواسطة مجموعة من التروس يمكن تغييرها حسب الحاجة . وتمر بريمة الأم هذه داخل جلبة مقلوطة (الجشمة) يمكن تثبيتها بالراسمة فى أى وقت فتكتسب الراسمة فى هذه الحالة حركتها الانزلاقية من بريمة الأم وتستخدم المخرطة عندئذ فى عمل سن القلاووظ فى المشغولات المركبة عليها . ويحمل الفرش أيضا على أحد جانبيه عمودا آخر يسمى عمود البحر يستمد حركته من الغراب الثابت بواسطة مجموعة من التروس ووظيفة هذا العمود تحريك الراسمة حركة طولية موازية لمحور المخرطة وذلك بواسطة جريدة مسننة معشق بها ترس تحمله الراسمة .

ولقد تعددت أنواع المخارط وأشكالها حسب حاجة الصناعة وتبعاً لدرجة الاتقان فى المشغولات المطلوب أدائها عليها ولا يسمح المجال لذكر هذه الأنواع فى هذا الكتاب .

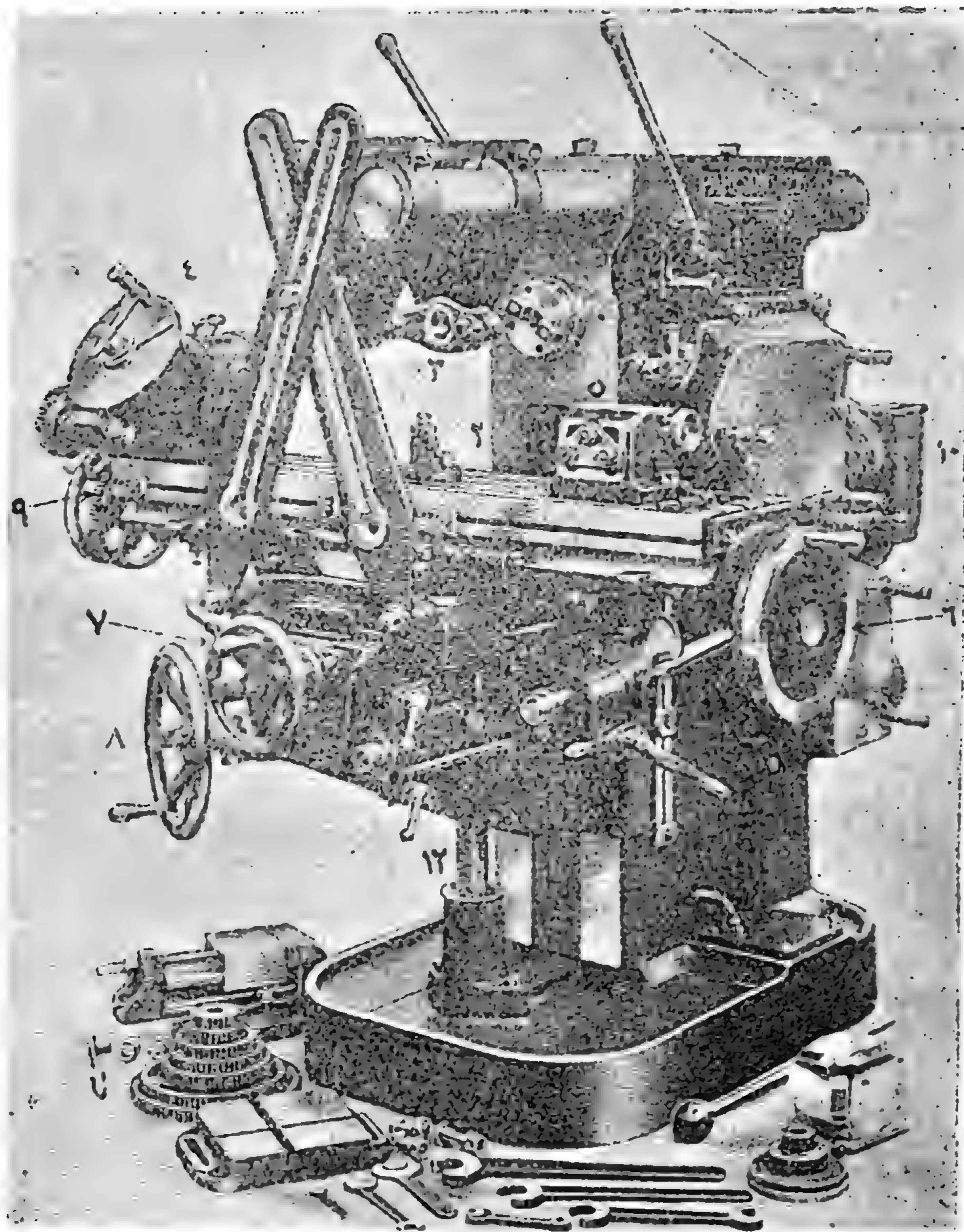
ما كينة الفريزة^(١) — تتطلب بعض المصنوعات المعدنية أعمالاً يتعذر أدائها على المخرطة كعمل المثقييات الطويلة (المجارى) أو أسنان التروس أو عمل القلاووظ الكبير الخطوة أو غير ذلك . فتمثل هذه الأعمال تستخدم آلات الفريزة وفى هذه الآلات تربط المشغولات على راسمة ذات حركات متعددة فيمكن تحريكها رأسياً أو تحريكها أفقياً عمودياً على محور السكينة (تغذية طولية) أو أفقياً بموازاته (تغذية عرضية) .

(١) اسمها بالعربية آلة الخشخنة .

كذلك يمكن تثبيت الراسمة على زوايا مختلفة بالنسبة لمحور الآلة . وتثبت العدة القاطعة (وتعرف بالسكينة) في عمود محمول على كرسيين في جسم الآلة ويحمل هذا العمود طنبورا مدرجا لإمكان تغيير سرعته حسب الطلب . وتستمد الراسمة حركتها من عمود الفريزة بواسطة عمود محور ذي مفصلة عامة يمكنها نقل الحركة للراسمة وهي في أى موضع . وبواسطة مجموعات من التروس وفتائل الفلاووظ يمكن اعطاء الراسمة أى حركة من حركاتها السابقة الذكر أو حركتين منهما معا بما يتفق وحركة عمود الفريزة بالضبط . وقد أعد بسطح الراسمة جملة مثقيات (مجارى) لربط المشغولات أو لربط حاملي زنب تحمل بينهما المشغولات . وتجهز آلات الفريزة بما يسمى جهاز التقسيم ويمكن بواسطته تقسيم محيط أى دائرة الى أى عدد من الأقسام حسب الطلب . ويستخدم هذا الجهاز في فتح أسنان التروس ويمكن أن توصل الحركة بين عمود جهاز التقسيم والتغذية الطولية للراسمة بواسطة مجموعة من التروس تعطى عمود جهاز التقسيم حركة أفقية بالنسبة للتغذية الطولية وبذا يمكن عمل الحلزونات ذات الخطوات الكبيرة وفتح التروس الحلزونية وشكل (١٠٧) يبين آلة الفريزة .

في أغلب الآلات السابقة الحركة الدائرية هي الأساس في تشغيلها سواء أعطيت تلك الحركة للعدة القاطعة كما في المثقاب أو الفريزة أم أعطيت للمشغولات كما في المخرطة : كما أن هناك آلات أخرى أساس تشغيلها مبنى على الحركة المستقيمة المترددة ذكرنا منها السبك وسنذكر فيما يلي المقاشط بأنواعها .

المقاشط — وتستخدم في تسوية سطوح المشغولات وجوانبها وفتح المثقيات . والأساس في تشغيلها هو الحركة الترددية المستقيمة . والمقاشط على نوعين :



(شكل ١٠٧ — الفريزة)

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| (١) الفرش | (٨) طارة لتحويل الراسمة رأسيا |
| (٢) راسمة ربط المشغولات | (٩) مجموعة تروس لتوصيل الحركة بين |
| (٣) موضع ربط السكة | جهاز التقسيم والراسمة |
| (٤) جهاز التقسيم | (١٠) غطاء طنبور السير |
| (٥) حامل الزنبة | (١١) عمود توصيل الحركة المفصلي |
| (٦) طارة لتحريك الراسمة طوليا | (١٢) فتيلة الراسمة |
| (٧) عرضيا | |

الأول — وتعطى الحركة الترددية فيه للعدة القاطعة .

الثاني — وتعطى الحركة الترددية فيه للمشغولات نفسها .

وينقسم النوع الأول إلى قسمين أيضا :

(١) قسم تكون الحركة فيه أفقية ويسمى المقشطة النطاحة .

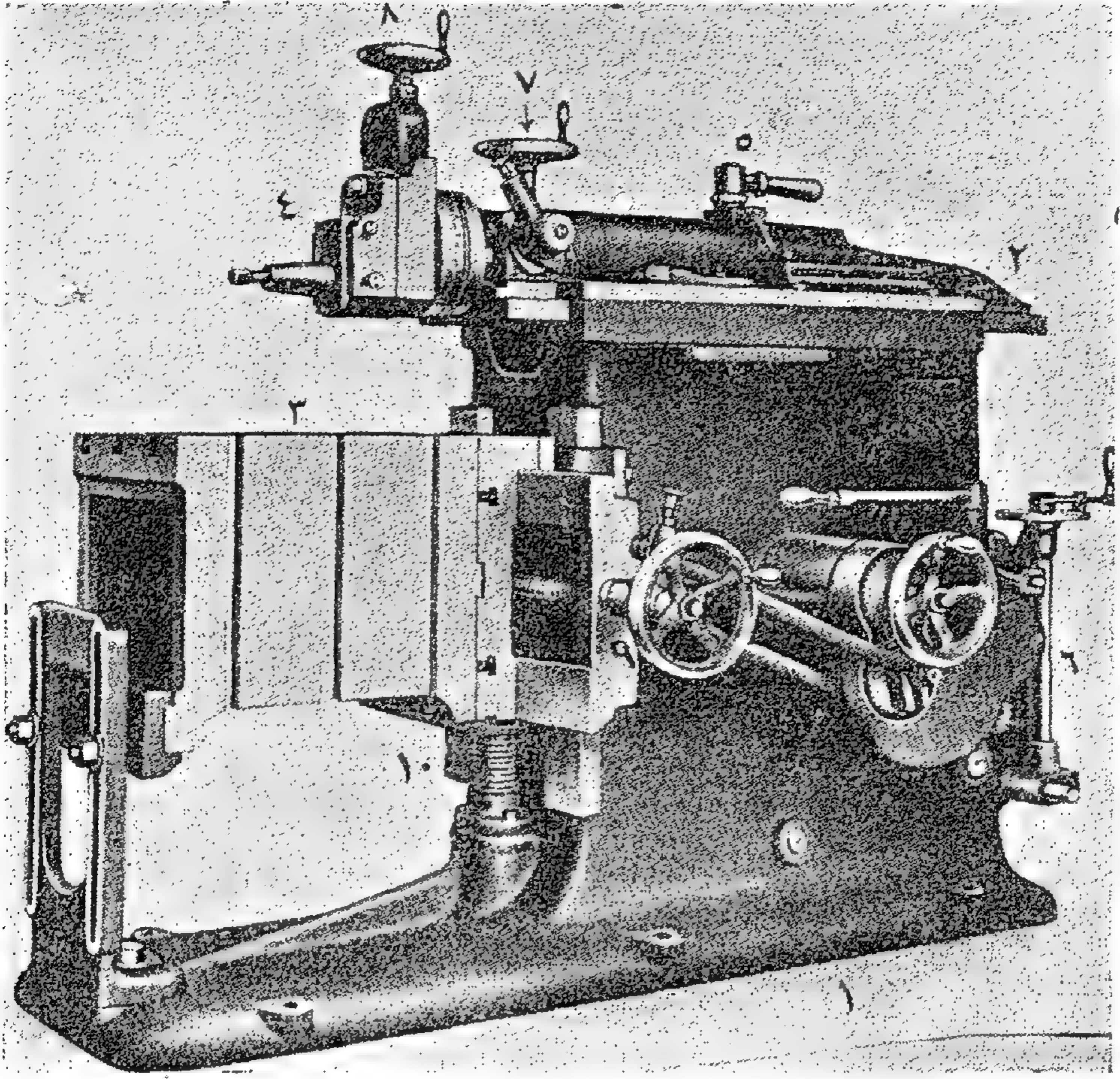
(ب) قسم تكون الحركة فيه رأسية وتسمى المقشطة الرأسية .

أما الثاني فتكون الحركة فيه أفقية دائما و يطلق عليه المقشطة ذات العربة
وتسهيلا في التعبير (مقشطة عربة) .

وفي جميع أنواع المقاشط تتعرض المشغولات لفعل العدة القاطعة أثناء
الحركة الترددية في مشوار واحد فقط يسمى مشوار القطع .

والمشوار الثاني هو مشوار الرجوع وقد جعل أسرع من مشوار القطع
اقتصادا في الوقت .

وشكل (١٠٨) يبين مقشطة نطاحة من النوع الأول قسم (١)
تستخدم عادة في تشكيل المصنوعات الخفيفة كما تستخدم في تسوية
سطوحها .

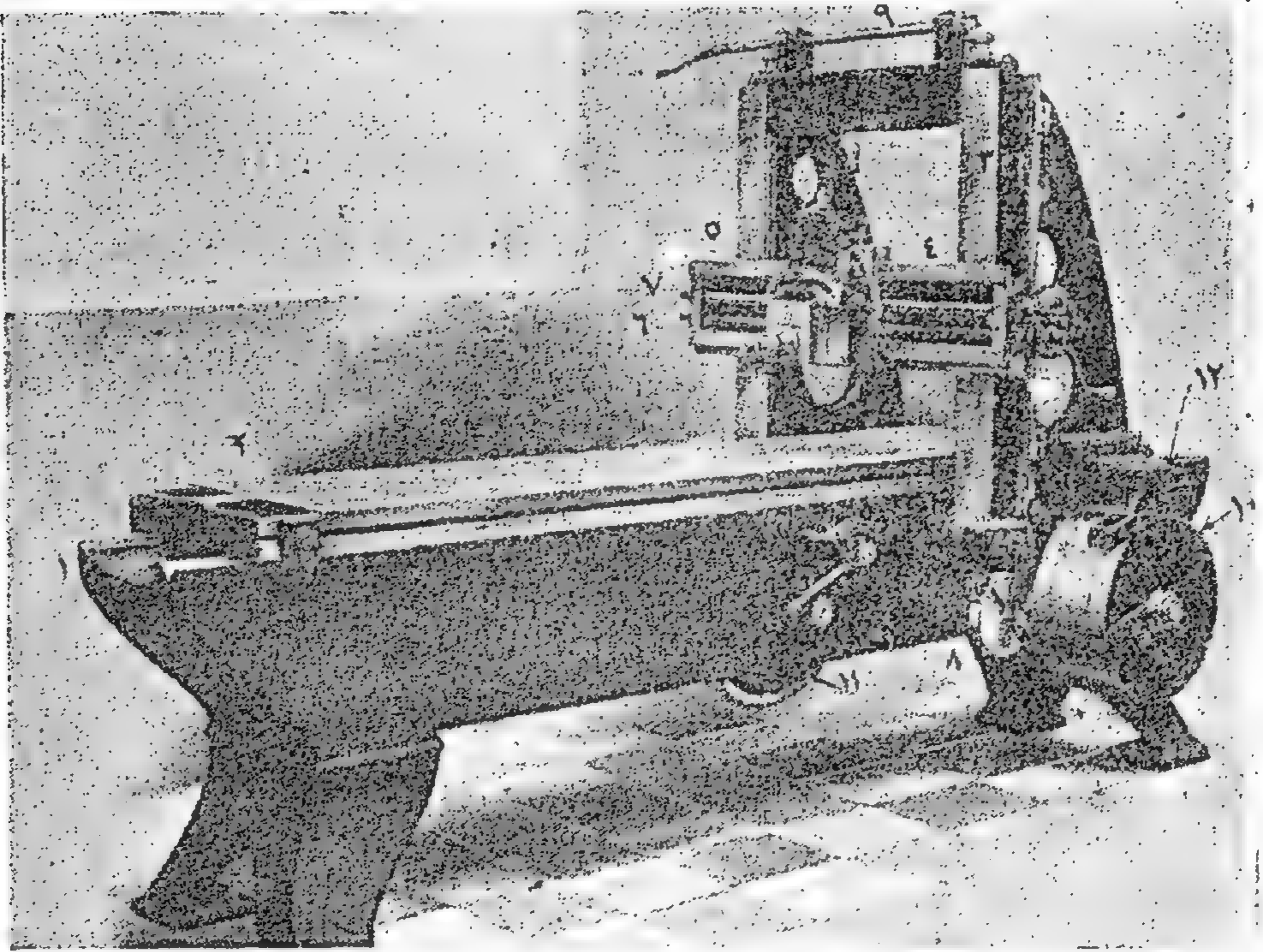


(شكل ١٠٨ — مقشطة فطاحة)

(١) البدن	(٦) صندوق مجموعة تروس التغذية العرضية
(٢) التماسح	(٧) طارة تحديد المشوار
(٣) راسمة ربط المشغولات	(٨) طارة للتغذية الرأسية باليد
(٤) راسمة القلم	(٩) طارة للتغذية العرضية باليد
(٥) يدرباط جشمة المشوار	(١٠) فتيلة رفع وخفض الراسمة

ويلاحظ من الشكل أن العدة القاطعة تأخذ فقط تغذية رأسية بينما تأخذ الراسمة تغذية أفقية وشكل (١٠٩) يبين مقشطة عربية من النوع الثاني وفيها تربط المشغولات على العربية وتأخذ حركة ترددية .

ويمكن تغذية العدة القاطعة فيها إما تغذية عرضية وإما تغذية رأسية وفي بعض المقاشط التي من هذا النوع تركيب عدة راسمات للعدد القاطعة حتى يمكن استعمال عدتين لتسوية سطحين في آن واحد كالسطح العلوى والسطح الجانبي مثلا وفي جميع الآلات السابقة تكون التغذية إما نفسية (أوتوماتيكية) وإما تغذية يدوية حسب الطلب .



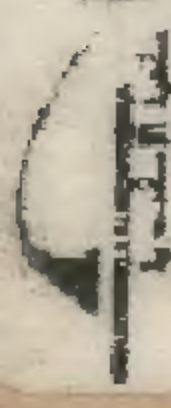
(شكل ١٠٩ — مقشطة عربية)


(١) الفرش	(٧) عمود التغذية الرأسية
(٢) العرب	(٨) القرص الرحوى للتغذيات النفسية
(٣) حامل الراسمة (الفخذ)	(٩) عمود رفع وخفض الراسمة
(٤) راسمة القلم	(١٠) طناير الادارة
(٥) الراسمة	(١١) ترس جر العرب
(٦) بريمة التغذية العرضية	(١٢) رافعة نقل السير

(تم بحمد الله وتوفيقه)

تم طبع هذا الكتاب بالمطبعة الأميرية ببولاق
في يوم ٧ من ذي الحجة سنة ١٣٥٣
(١٢ من مارس سنة ١٩٣٥) م
مدير المطبعة الأميرية

محمد أمين الجبجيت

 Bibliotheca Alexandrina



0443896